

Bogdan Sosiński

Naprawa kalkulatorów i zegarków elektronicznych

PORADNIK WARSZTATOWY

Wydawnictwa Naukowo-Techniczne



Bogdan Sosiński

Naprawa kalkulatorów i zegarków elektronicznych

Wydanie drugie poprawione i rozszerzone

PORADNIK WARSZTATOWY

Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
Warszawa 1986

Opiniodawcy
Edmund Andrzejczak, Bogdan Łoboda
Redaktor I wydania
Maria Waśniewska
Redaktor II wydania
Ewa Zdanowicz

Okładkę i strony tytułowe projektował
Krzysztof Dobrowolski
Opracowanie typograficzne
Barbara Chojnacka-Flisiuk

681.32:658.58

W książce omówiono zasady pracy, budowę, eksploatację oraz metody wykrywania i usuwania uszkodzeń kalkulatorów i zegarków elektronicznych. Przedstawiono właściwe zagospodarowanie stanowiska naprawczego oraz sposoby korzystania z narzędzi i przyrządów serwisowych. Podano wyczerpujące wiadomości o bateryjnych źródłach zasilania. Wydanie drugie rozszerzono o opisy nowych typów układów zegarowych. Omówiono również budowę i sposoby naprawy prostych uszkodzeń komputera osobistego. Książka jest przeznaczona dla szerokiego kręgu Czytelników — techników i inżynierów różnych specjalności oraz wszystkich zainteresowanych zagadnieniem napraw kalkulatorów i zegarków elektronicznych.

WNT Warszawa 1986
Wydanie II.
Nakład 50.000 + 200 egz.
Ark. wyd. 14,2
Ark. druk. 14,0
Format A4.
Papier offset. kl. V. 70 g.
Podpisano do druku w styczniu 1986 r.
Druk ukończono w lutym 1986 r.
Symbol Et/82155/WNT
POZNAŃSKIE ZAKŁADY GRAFICZNE
70869/85 — I-7/41

ISBN 83-204-0751-6

Spis treści

Od Autora

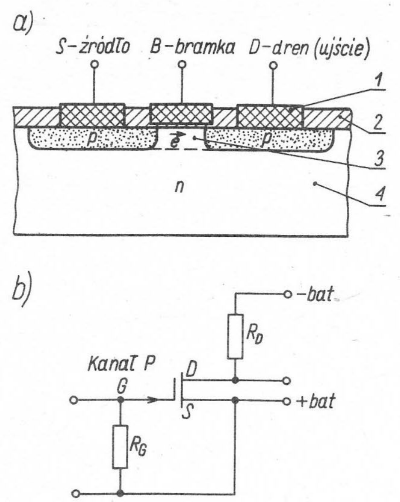
electronic service abc

Poradnik ma na celu przedstawienie problematyki napraw kalkulatorów i zegarków elektronicznych. Opracowanie w jednej książce tych pozornie różnych zagadnień jest uzasadnione podobieństwem rozwiązań układowych oraz zacieraniem się różnic technologicznych.
Postępująca miniaturyzacja oraz integracja konstrukcji sprawia, że często odchodzi się od tradycyjnych metod naprawczych i w związku z tym starałem się, zgodnie ze swoim doświadczeniem, przekazać w poradniku szczegółowe wskazówki praktyczne ułatwiające postępowanie przy naprawach. Moje doświadczenie jest m. in. wynikiem wieloletniej działalności rzemieślniczej związanej z naprawami urządzeń kontrolno-pomiarowych, medycznych i elektronicznych.
Pragnę podziękować Redakcji Elektroniki za stworzenie miłej atmosfery i za pomoc przy redagowaniu książki.
Będę wdzięczny Czytelnikom za wszelkie uwagi krytyczne dotyczące treści poradnika — będą one stanowiły dla mnie cenne wskazówki w przyszłej pracy autorskiej.

Autor

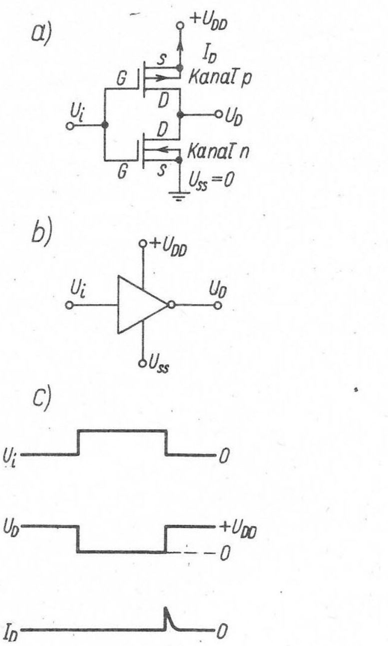
Gdańsk-Oliwa, w listopadzie 1982 r.

1 Wprowadzenie



Rys. 1.0.1. Konstrukcja (a) i układ zasilania (b) tranzystora polowego MOS z kanałem typu *p*

1 — metalizacja (Al), 2 — dielektryk (SiO_2), 3 — kanał p, 4 — podłoże (SiO_2) typu *n*



Rys. 1.0.2. Struktura CMOS na przykładzie inwertera: schemat ideowy (a), symbol inwertera (b), przebiegi czasowe napięć i prądów (c)

Jeszcze niedawno posiadanie kalkulatora elektronicznego wzbudzało swego rodzaju sensację. Dzisiaj nie czyni już tego nawet mikrokomputer najnowszej generacji. Zawrotny rozwój mikroelektroniki, zwłaszcza w ostatnim dziesięcioleciu, spowodował, że kalkulator elektroniczny zawędrował pod przysłowiowe „strzechy". Światowa produkcja kalkulatorów wzrosła w tym okresie ponad dziesięciokrotnie, a cena ich spadła z ok. 25 do 5 dolarów za sztukę. Szacuję, że obecnie w kraju jest w użyciu ponad milion minikalkulatorów produkcji krajowej i zagranicznej. Masową ich produkcję umożliwiło opanowanie technologii wytwarzania cyfrowych układów scalonych o wielkim stopniu scalenia — układów LSI (ang. *large scale integration*), a wśród nich szczególnie układów MOS (ang. *metal-oxide-semiconductor*). Kalkulatorowy układ scalony, wykonany w tej technologii, zawiera w swej strukturze, na pow. ok. 1 cm² do kilkudziesięciu tysięcy tranzystorów polowych typu MOS.

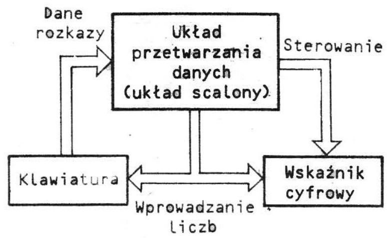
Podstawowym elementem scalonego układu kalkulatorowego jest tranzystor polowy typu MOS (rys. 1.0.1), który przypomina swym działaniem lampę elektronową. Tranzystor ten jest zbudowany na podłożu krzemowym słabo domieszkowanym (duża rezystywność) np. typu *n* (wolne elektrony), w które wdyfundowano dwa niezależne obszary silnie domieszkowane (mała rezystywność) typu *p* (brakujące wolne elektrony — tzw. *dziury*), zwane *źródłem* i *drenem* (ujściem). Źródło i dren poprzez metalizację (napylone Al) tworzą zewnętrzny obwód przepływu prądu elektrycznego (ruchu elektronów). W obszarze między źródłem a drenem jest wdyfundowana, odizolowana od źródła i drenu cienką warstwą SiO_2, elektroda sterująca, zwana *bramką*. Powstały w ten sposób kanał (typu *p*) może oddziaływać na przepływ ładunku przez obszar między źródłem a drenem. Pole elektrostatyczne wytwarzane przez ładunek zgromadzony w obszarze bramki wywołuje przepływ wolnych elektronów w kanale, a tym samym przepływ prądu przez spolaryzowany tranzystor. Rezystory R_G i R_D służą do ustalenia warunków pracy tranzystora, analogicznie jak w przypadku lampy elektronowej (obszarowi źródła odpowiada katoda, bramki — siatka a drenu — anoda). Tak zbudowany tranzystor nosi nazwę *tranzystora polowego MOS* z kanałem typu *p*.

Zamiana obszarów z typu *n* na typ *p* spowoduje powstanie tranzystora

polowego MOS z kanałem typu *n* (podłoże tego tranzystora stanowi wyspę z materiału typu *p* na krzemie typu *n*). Właściwości obu tych tranzystorów są w zasadzie identyczne, wymagają jednak odwrotnej polaryzacji zasilania. Wykonując oba typy tranzystorów na wspólnym podłożu uzyskuje się *strukturę CMOS* (ang. *complementary-metal-oxide-semiconductor*) o bardzo korzystnych parametrach mocowych. Sterowanie tranzystora polowego odbywa się praktycznie bez poboru mocy (oddziaływanie elektrostatyczne). W strukturze CMOS zawsze bowiem jeden z tranzystorów jest zatkany (nie przewodzi), a prąd przepływa tylko w chwili przełączenia (rys. 1.0.2). Przykładowo straty mocy w funktorze logicznym (inwerterze) wynoszące ok. 2,5 mW przy technologii *p*-MOS lub *n*-MOS maleją do ok. 0,001 mW przy technologii CMOS. Z tego też względu struktury CMOS stały się podstawowym elementem układów scalonych współczesnych kalkulatorów i zegarków elektronicznych, gdzie z natury rzeczy pobór prądu stanowi parametr krytyczny.

2

Kalkulator elektroniczny



Rys. 2.1.1. Ogólny schemat organizacji kalkulatora

2.1 Zasada działania kalkulatora

2.1.1 Ogólna organizacja kalkulatora

Kalkulator składa się z czterech podstawowych bloków funkcjonalnych, tj. *klawiatury*, *wskaźnika cyfrowego*, *układu przetwarzania* (układ scalony) i *źródła zasilania* (baterii). Wykonanie obliczenia obejmuje następujące operacje:

1) wprowadzenie danych w postaci liczb dziesiętnych z klawiatury do pamięci danych oraz jednoczesne wyświetlanie ich na wskaźniku cyfrowym lub wydruk,

2) zadanie określonych rozkazów, np. +, ×, =, % i wykonanie odpowiednich operacji arytmetyczno-logicznych w układzie przetwarzania danych (układ scalony),

3) wyświetlenie wyniku operacji w postaci liczby dziesiętnej z jednoczesnym przechowywaniem go w pamięci.

Każdemu wprowadzeniu i wyświetleniu liczby dziesiętnej towarzyszy jej zamiana na odpowiedni kod (tj. sposób przyporządkowania jednych sygnałów drugim) w układzie przetwarzania i sterowania wskaźnika.

Na rysunku 2.1.1 przedstawiono podstawowy schemat blokowy organizacji kalkulatora.

2.1.2 Zasada pracy kalkulatora

Podane tu zostaną jedynie ogólne zasady działania kalkulatora w zakresie niezbędnym do ustalenia źródła uszkodzenia na podstawie zaobserwowanych objawów, tak by naprawiając kalkulator można było ustalić, czy uszkodzenie leży wewnątrz układu scalonego (układu przetwarzania), czy też jest spowodowane przyczynami zewnętrznymi.

Na rysunku 2.1.2 podano schemat wewnętrznego przepływu informacji i sygnałów sterujących pracę klawiatury oraz wskaźnika kalkulatora. Na ogół oprócz linii zasilania można wyraźnie wyróżnić trzy lub cztery linie sterowania zewnętrznego. Są nimi: linia sterowania kolumn klawiatury i cyfr wskaźnika D_j, linia sterowania segmentów wskaźnika S_{a-h} oraz linia wierszy klawiatury K_i. Klawiatura służy do wprowadzania danych i rozkazów (instrukcji) za pomocą klawiszy (zestyków). Jest zbudowana w postaci matrycy o j kolumnach (j — liczba cyfr wskaźnika) oraz i wierszach, gdzie i wynosi praktycznie 2...4.

Wskaźnik cyfrowy jest sterowany z rozdziałem czasowym (multipleksowany) poprzez linię cyfr (D_j) i segmentów (S_{a-h}). Wzmacniacze sterowania cyfr i segmentów odpowiednio formują sygnały sterujące.

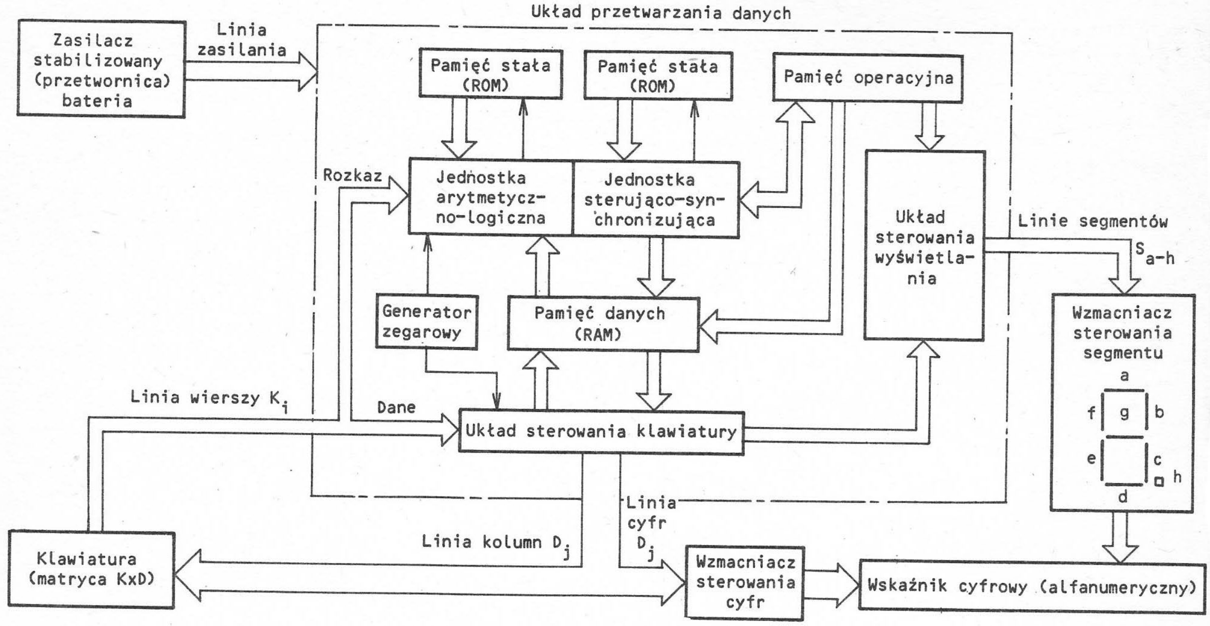
Wskaźnik (cyfrowy lub alfanumeryczny) służy do kontroli wprowadzanych liczb i rozkazów, do wyświetlania wyników oraz do sygnalizacji stanów pracy kalkulatora (np. zajętość pamięci, wyładowanie baterii). Zasilacz dostarcza niezbędnych napięć i prądów zmiennych i stałych, a niekiedy jest także źródłem impulsów zegarowych.

Układ przetwarzania danych zawiera w swej strukturze następujące bloki funkcjonalne:

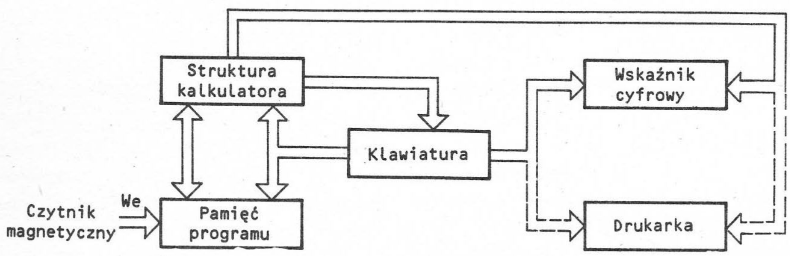
1. Układ sterowania klawiatury, który służy do dekodowania sygnałów (danych) z klawiatury, przetwarzania ich na kod wewnętrzny kalkulatora i do sterowania wyświetlania cyfr i segmentów (multipleksowanie).

2. Układ sterowania wyświetlania, który służy do zamiany kodu wewnętrznego kalkulatora na kod wskaźnika siedmiosegmentowego z jednoczesnym multipleksowaniem wyświetlania.

3. Pamięć danych, czyli grupę rejestrów lub pamięć typu RAM (pamięć o dostępie swobodnym), która przechowuje wprowadzane z klawiatury dane i wyniki operacji. Pamięć danych jest zbudowana z elementarnych funktorów logicznych (bra-



Rys. 2.1.2. Przepływ informacji i sygnałów sterujących w kalkulatorze



Rys. 2.1.3. Schemat blokowy kalkulatora programowalnego

mek) umożliwiających wprowadzenie, przechowywanie i kasowanie ciągów sygnałów dwójkowych (binarnych), tj. ciągów stanów o wartościach 0 i 1, reprezentowanych odpowiednio niskimi i wysokimi stanami bramek (niski poziom napięcia na wyjściu bramki odpowiada zeru logicznemu, a wysoki — jedynce logicznej, bądź na odwrót).

4. Jednostkę arytmetyczno-logiczną, która na podstawie rozkazów z klawiatury i programów wewnętrznych, wykonuje operacje arytmetyczno-logiczne na zawartościach pamięci danych.

5. Jednostkę sterująco-synchronizującą, która służy do sekwencyjnego (kolejno takt po takcie) sterowania i synchronizacji procesów logicznych zachodzących wewnątrz kalkulatora oraz niekiedy do analizy i identyfikacji sygnałów z klawiatury czy do sterowania wyświetlania.

6. Generator zegarowy (zegar), który wytwarza impulsy o określonej częstotliwości służące do synchronizacji i sekwencyjnego sterowania.

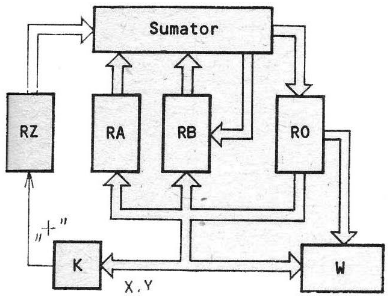
7. Pamięć stałą typu ROM (ang. — *read-only memory*), która zawiera stałe dane liczbowe i instrukcje wykorzystywane do obliczeń w procesie przetwarzania danych i do sekwencyjnego sterowania wewnętrznych programów. W pamięci tej, w procesie technologicznym, umieszcza się na stałe zakodowane informacje, których nie można zmienić lub skasować, można je jedynie odczytywać. Komórki pamięciowe (bramki) po włączeniu zasilania przyjmują tylko dozwolone stany wskutek zaprogramowanych sprzężeń zwrotnych.

8. Pamięć operacyjna (akumulator), która służy do chwilowego przechowywania pośrednich oraz końcowych wyników przed ich ostatecznym wyświetleniem. Część pamięci operacyjnej służy czasem do przechowywania wyników operacji przeprowadzonych na zawartościach pamięci.

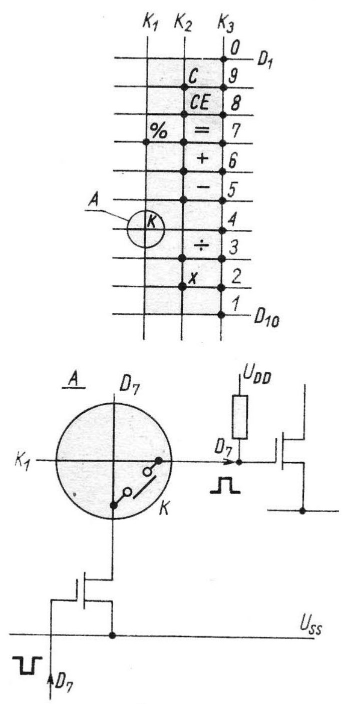
Kalkulatory programowalne zawierają dodatkową strukturę zwaną *pamięcią programu*. W pamięci tej znajduje się oprogramowanie. Współpraca z pamięcią programu odbywa się za pośrednictwem jednostki sterującej kalkulatora (struktura kalkulatora) i klawiatury, jak to pokazano na rys. 2.1.3. Wyższej klasy kalkulatory programowalne są przystosowane do wprowadzania programów zewnętrznych np. zapisanych na materiale magnetycznym (kasety, paski).

2.1.3 Przepływ informacji w kalkulatorze

Każde obliczenie kalkulatorowe wymaga realizacji co najmniej kilkunastu etapów (kroków), na które składają się operacje sumowania, mnożenia, wymiany zawartości rejestrów itp. Sumowanie jest operacją podstawową, wchodzącą w skład wszystkich innych operacji, takich



Rys. 2.1.4. Przepływ informacji w kalkulatorze dla operacji sumowania
RZ — rejestr znaczników, RA, RB — rejestry zobrazowania, RO — rejestr operacyjny, K — klawiatura, W — wskaźnik



Rys. 2.1.5. Przykładowa matryca klawiatury kalkulatora

jak np. mnożenie czy pierwiastkowanie.

Operacja sumowania dwóch liczb (rys. 2.1.4) przebiega według następujących etapów.

1. Wprowadzenie wartości liczbowej X z klawiatury do rejestru zobrazowania RA z jednoczesnym wyświetleniem liczby na wskaźniku.

2. Wprowadzenie rozkazu operacji dodawania do rejestru znaczników RZ z jednoczesnym przesłaniem zawartości rejestru RA do rejestru buforowego RB (przygotowaniem rejestru zobrazowania do przyjęcia liczby następnej).

3. Wprowadzenie wartości liczbowej drugiego składnika Y z klawiatury do rejestru RA z jednoczesnym wyświetleniem liczby na wskaźniku.

4. Wykonanie przez sumator operacji po uzyskaniu akceptacji rozkazem „=".

5. Przekazanie wyniku operacji do rejestru operacyjnego RO, niezbędnego do przechowywania wyników cząstkowych przy operacjach złożonych.

6. Przesłanie wyniku z rejestru RO do rejestru RA z jednoczesnym wyświetleniem wyniku na wskaźniku. Wynik ten może być wstępnie skasowany lub ponownie przesłany do pamięci operacyjnej, gdzie jest dowolnie długo przechowywany (np. w celu użycia w przyszłych obliczeniach).

Przy realizacji programów bardziej złożonych dochodzą wielokrotnie etapy z użyciem pamięci operacyjnej, pamięci stałej (ROM) czy programera.

2.1.4 Wybieranie informacji z klawiatury

Klawiatura ma postać matrycy o wierszach K_i i kolumnach D_j (rys. 2.1.5). W jej węzłach znajdują się zestyki (klucze), które są sterowane (włączane) za pomocą klawiszy. W chwili zamknięcia zestyku następuje połączenie wiersza K_i z kolumną D_j, co wywołuje przesłanie ciągu impulsów (słowo wejściowe) jednoznacznie przyporządkowanego wciśniętemu klawiszowi. Przyporządkowanie takie (np. w kodzie „+3") przedstawiono w tabl. 2.1.

Wybieranie słów z klawiatury (z jednoczesnym sterowaniem cyfr wskaźnika) odbywa się w układzie dekodera słów wejściowych (rys. 2.1.6). Wybieranie kolumn (cyfr) odbywa się np. poprzez licznik pierścieniowy lub jednostkę arytmetyczno-logiczną synchronizowaną impulsami zegarowymi. Po zamianie na kod wewnętrzny, słowo wejściowe jest przekazywane do rejestru buforowego. Następnie w dwóch lub trzech kolejnych taktach następuje porównanie stanu klawiatury z zawartością rejestru buforowego i po stwierdzeniu identyczności słowo wejściowe jest wprowadzane do rejestru danych. Operacja porównywania — konieczna z uwagi na niedoskonałość zestyków (drgania, zabrudzenia) — zapewnia jednoznaczne wprowadzanie informacji z klawiatury.

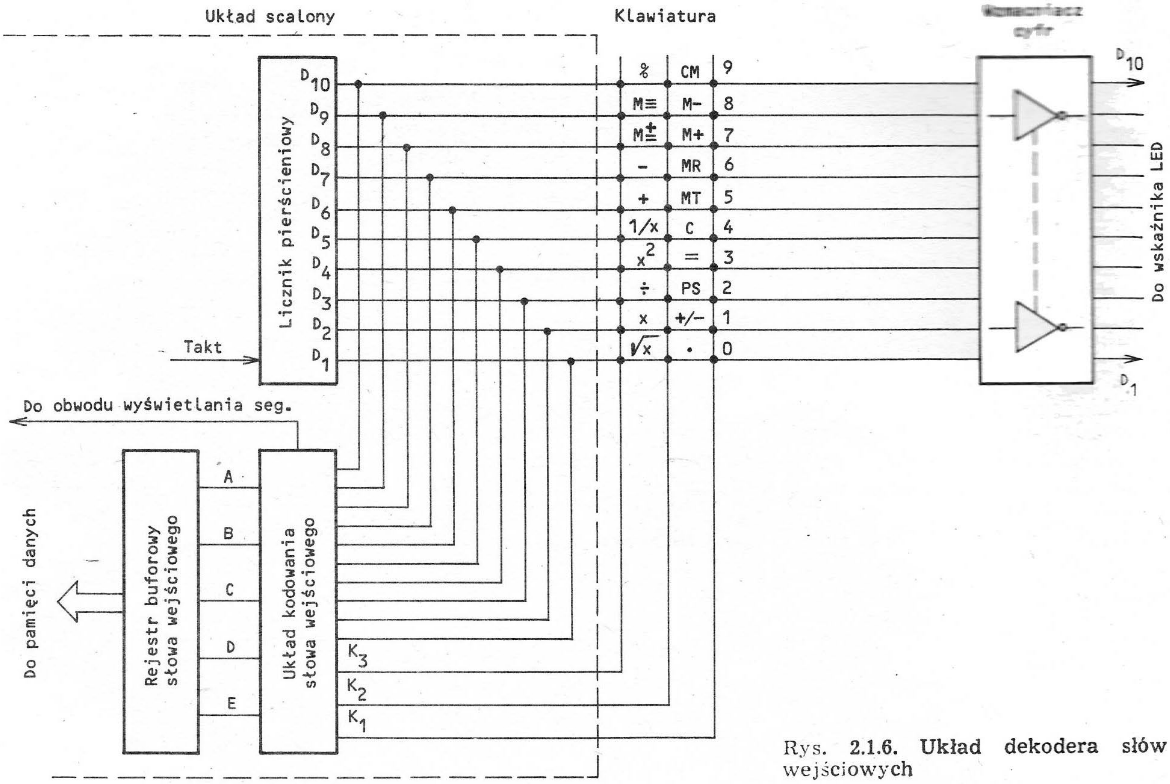
Tablica 2.1 Przyporządkowanie słów wejściowych (kod dwójkowy „+3") poszczególnym klawiszom

Klawisz wciśnięty	Wagi kodu „+3" *A*	*B*	*C*	*D*	*E*
Żaden	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1
1	0	0	1	0	0
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0
4	0	0	1	1	1
5	0	1	0	0	0
6	0	1	0	0	1
7	0	1	0	1	0
8	0	1	0	1	1
9	0	1	1	0	0
+	1	0	0	0	0
÷	1	0	0	0	1
—	1	0	0	1	0
×	1	0	0	1	1
=	1	0	1	0	0
,	1	0	1	0	1

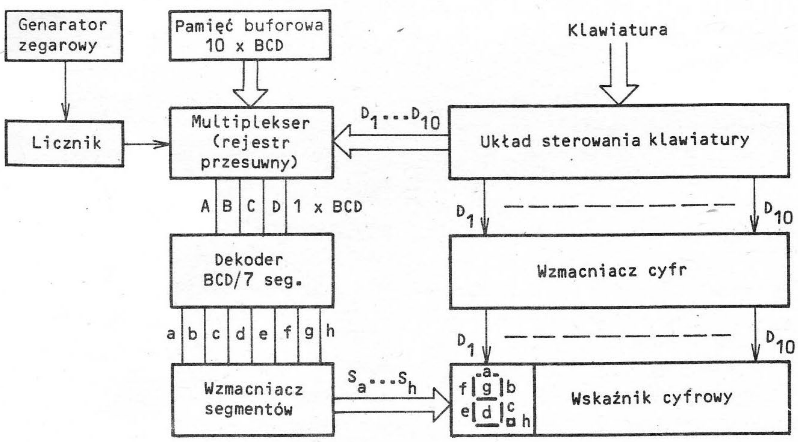
2.1.5 Sterowanie wskaźników cyfrowych w kalkulatorach

Sterowanie wskaźników cyfrowych (rys. 2.1.7) odbywa się w układach zwanych *multiplekserami*. Kolejne cyfry i ich segmenty są sterowane z rozdziałem czasowym (niejednocześnie). Wskutek bezwładności oka ludzkiego obserwator ulega jednak złudzeniu, że świecą one jednocześnie. Zastosowanie multipleksowania zmniejsza liczbę połączeń, pobór mocy oraz wydłuża czas pracy wskaźnika, a tym samym zwiększa niezawodność całego układu.

Na schemacie blokowym podano zasadę pracy multipleksera stosowanego do sterowania wskaźnika typu LED. Informację o liczbie (ilość cyfr, znak liczby, miejsce dziesiętne) przechowywaną w rejestrze buforowym w postaci równoległej, najczęściej w kodzie binarno-dziesiętnym (np. kod BCD), multiplekser przetwarza w postać szeregową. Znaczy to, że poszczególne cyfry nie są wyświetlane jednocześnie, lecz jed-



Rys. 2.1.6. Układ dekodera słów wejściowych



Rys. 2.1.7. Sterowanie wskaźnika kalkulatorowego typu LED

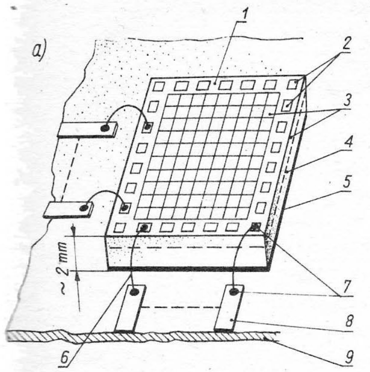
na po drugiej. Multiplekser, synchronizowany impulsami z układu sterowania klawiatury (kolejne włączanie cyfr od D_1 do D_{10}), steruje dekoder, tj. układ zamiany kodu wewnętrznego na kod wskaźnika siedmiosegmentowego. Impulsy te za pośrednictwem wzmacniacza cyfr i wzmacniacza segmentów (przesunięcie poziomów prądów i napięć) sterują bezpośrednio przystosowany do multipleksowania wskaźnik. Segmenty wszystkich cyfr wskaźnika są połączone równolegle. Licznik współpracujący z multiplekserem wytwarza impulsy o częstotliwościach niezbędnych do sterowania wskaźnika (tj. 0,2...1 kHz).

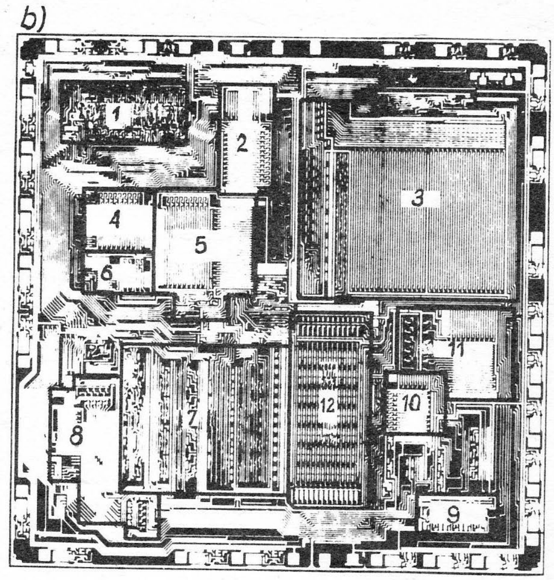
2.2 Podzespoły kalkulatora

2.2.1 Struktura kalkulatora (układ scalony)

Układy kalkulatorowe realizuje się obecnie głównie w technologii LSI-MOS.

Układ scalony bez obudowy, popularnie określany nazwą *czip* lub *struktura*, przedstawiono na rys. 2.2.1. Pod cienką warstwą przezroczystego dwutlenku krzemu (SiO_2) (*1*) znajduje się, hermetycznie zamknięty, układ elektryczny. Poprzez pola kontaktowe (*2*), a następnie cienki drut (*6*) aluminiowy (Al) lub złoty (Au), układ jest połączony z obwodami zewnętrznymi. Dolna powierzchnia płytki (*5*) stanowi najczęściej dodatni biegun zasilania (masę).



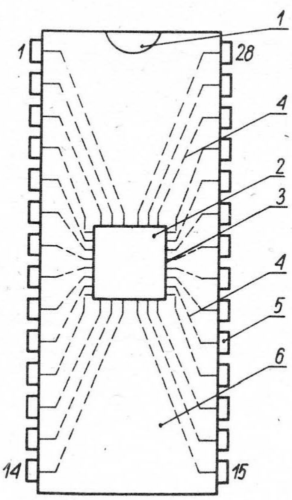


Rys. 2.2.1. Struktura kalkulatorowa:
a) budowa

1 — zewnętrzna pasywująco-hermetyzująca warstwa przezroczystego SiO_2, 2 — pola kontaktowe (metalizacja Al), 3 — domieszkowana warstwa SiO_2 stanowiąca strukturę logiczno-technologiczną MOS, 4 — płytka SiO_2 (10 mm×10 mm), 5 — warstwa podłożowa (Au) stanowiąca najczęściej kontakt z wyprowadzeniem zasilania (+), 6 — drut Au, Al $< 0,1$ mm, 7 — zgrzewy — połączenia (termokompresja lub ultrakompresja), 8 — ścieżki przewodzące, 9 — podłoże ceramiczne, szklane lub z laminatu

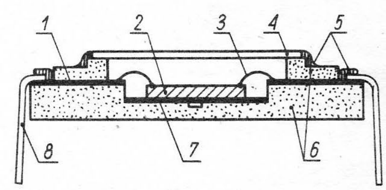
b) widok z góry (zdjęcie)

1 — dekoder klawiatury, 2 — jednostka sterująca, 3 — pamięć stała (ROM), 4,5,6 — jednostka sterująco-synchronizująca, 7 — pamięć operacyjna, 8 — jednostka arytmetyczno-logiczna, 9 — jednostka synchronizująca, 10 — sterowanie przecinka dziesiętnego, 11 — generator zegarowy, 12 — sterowanie symboli



Rys. 2.2.2. Hermetyzacja struktury przez zaprasowanie w tworzywie (widok z góry)

1 — znacznik (zagłębienie), 2 — zaprasowana struktura, 3 — połączenie struktura-ażur 4 — złocony ażur (pająk) wtopiony w obudowę, 5 — wyprowadzenia (końcówki lutownicze), 6 — obudowa DIL z tworzywa sztucznego



Rys. 2.2.3. Hermetyzacja struktury w obudowie wnękowej (przekrój poprzeczny)

1 — ażur napylony na Al_2O_3(Au), 2 — struktura, 3 — doprowadzenia z Au (Al) Φ 25 μm, 4 — przykrywka metalowa, 5 — lut, 6 — ceramika Al_2O_3, 7 — przekładka z miki (AuSi), 8 — wyprowadzenia złocone lub cynowane

Pierwsze układy kalkulatorowe, wykonane w technologii *p*-MOS, wymagały napięcia zasilania −3... ...−30 V i pobierały prąd do kilkunastu miliamperów. Układy CMOS są zasilane napięciem 1,5...3 V i pobierają moc nie przekraczającą 100 μW.

Stabilność i trwałość układów scalonych zależy w znacznej mierze od jakości uszczelnienia zabezpieczającego strukturę przed działaniem czynników zewnętrznych.

W zależności od kategorii klimatycznej oraz zastosowań stosuje się różne sposoby *zabezpieczania struktury*.

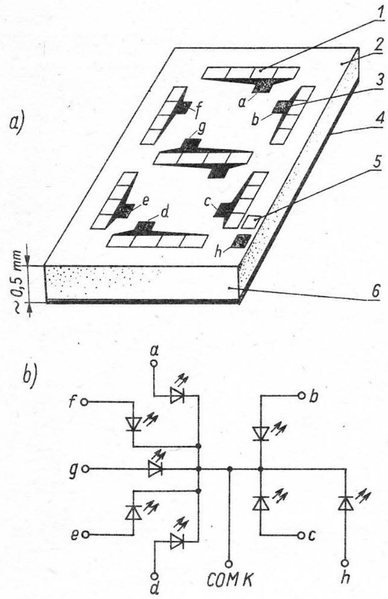
1. Powierzchnię struktury pasywuje się warstwą dwutlenku krzemu.

2. Strukturę, umieszczoną na podłożu ceramicznym lub laminacie, pokrywa się elastyczną lub sztywną zalewą hermetyzującą. Masa ta ma zapewniać wymaganą szczelność oraz wykazywać dużą impedancję w szerokim zakresie częstotliwości, a także minimalny współczynnik rozszerzalności objętościowej. Niespełnienie tych wymagań jest częstą przyczyną niestabilności i uszkodzeń układów scalonych.

3. Strukturę umieszczoną na ażurze (np. dwurzędową typu DIL (ang. — *dual-in-line*) — rys. 2.2.2 — poddaje się zaprasowaniu w tworzywie sztucznym. Przed hermetyzacją pola kontaktowe łączy się z pozłacanym ażurem stanowiącym wyprowadzenia układu scalonego.

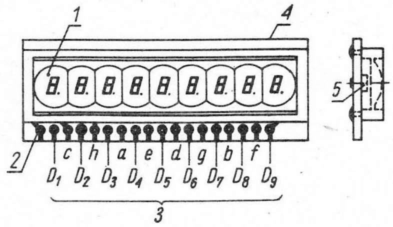
4. Strukturę zamyka się w hermetycznej obudowie wnękowej (ceramicznej, szklanej lub metalowej) — rys. 2.2.3 — złożonej np. z dwóch szczelnie połączonych części ceramicznych. Struktura znajduje się we wnęce obudowy. Zewnętrzne wyprowadzenia (końcówki) przylutowuje się do metalizacji na ceramice lub stanowią one część ażuru. Całość zamyka przykrywka metalowa lub plastykowa.

Większość uszkodzeń układów scalonych jest spowodowana błędami technologicznymi procesu zamykania w obudowie oraz wadami mas zalewowych. Największą niezawodność zapewnia sposób **4** zabezpieczania struktury, najmniejszą zaś sposoby **1** i **2**.



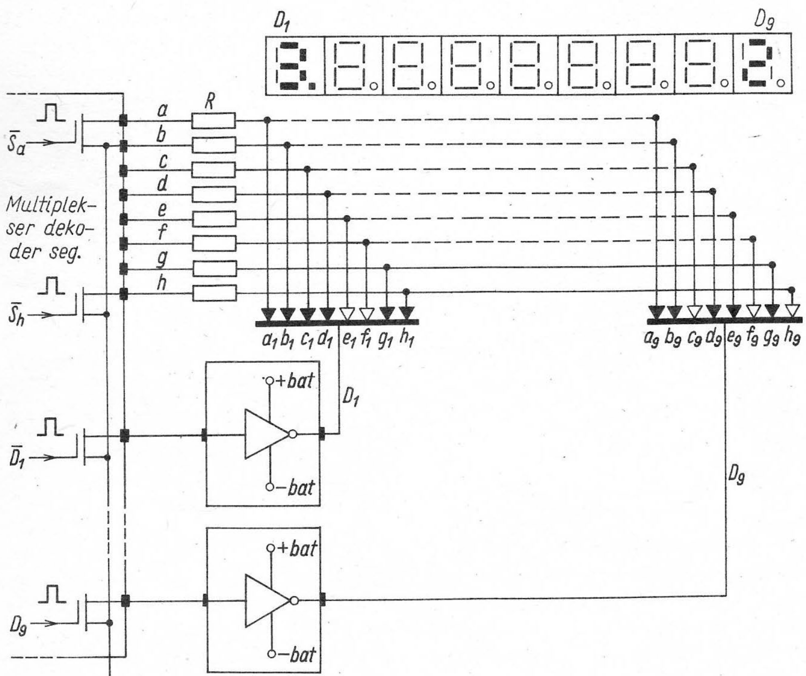
Rys. 2.2.4. Siedmiosegmentowa cyfra z diod elektroluminescencyjnych LED: a) struktura, b) schemat połączeń wewnętrznych)

1 — segmenty GaAs P (anody), 2 — pasywacja SiO_2, 3 — metalizacja Al (kontakty segm.), 4 — metalizacja wspólnej katody, 5 — punkt dziesiętny, 6 — struktura LED, płytka SiO_2



Rys. 2.2.5. Budowa wielocyfrowego wskaźnika LED

1 — zespół soczewek, 2 — połączenia drukowane, 3 — wyprowadzenia (połączenia drukowane), 4 — laminat, 5 — struktury LED



Rys. 2.2.6. Sposób sterowania wskaźnika kalkulatorowego typu LED

Pierwsze układy scalone MOS były szczególnie wrażliwe na uszkodzenia typu elektrostatycznego. Duża rezystancja obwodów wejściowych sprzyjała gromadzeniu się ładunku elektrostatycznego. Był on często przyczyną przebicia elektrycznego struktury, co prowadziło najczęściej do jej zniszczenia. Układy te wymagały przechowywania w specjalnych opakowaniach z gumy przewodzącej lub folii aluminiowej i zachowania szczególnej ostrożności w czasie montażu i pomiarów. Układy MOS obecnie produkowane mają zabezpieczenia wewnętrzne w postaci rezystorów szeregowych lub obwodów bocznikujących zawierających diody.

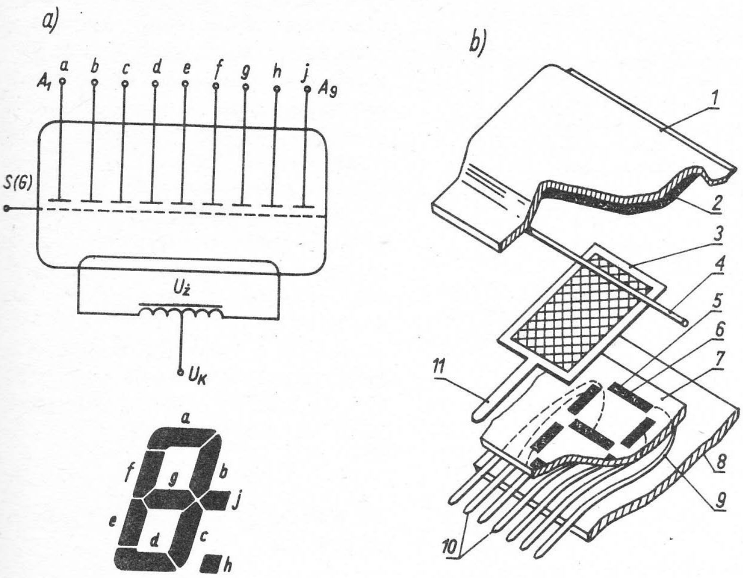
2.2.2 Wskaźniki LED i ich sterowanie

Wskaźniki LED (ang. — *light emitting diode*) konstruuje się z diod elektroluminescencyjnych. Prąd przepływający przez diodę w kierunku przewodzenia wywołuje emisję światła o kolorze zależnym od użytych domieszek. Diody z arsenku galu (GaAs) domieszkowanego fosforem emitują światło o kolorze czerwonym, tj. o długości fali 660 ±20 μm. Intensywność świecenia diody elektroluminescencyjnej zależy od wartości przepływającego prądu, który przy napięciu ok. 1,65 V może wynosić, dla kierunku przewodzenia, 0,25...10 mA (w impulsie do 100 mA). Prąd w kierunku wstecznym przy napięciu 3 V nie przekracza 100 μA. Wskaźniki zbudowane z diod elektroluminescencyjnych są bardzo niezawodne oraz wytrzymałe na narażenia mechaniczne i klimatyczne. Ich czas pracy przy sterowaniu impulsowym wynosi ponad 250 tys. godzin.

Wskaźniki kalkulatorowe zbudowane są z siedmiosegmentowych struktur diodowych LED ułożonych obok siebie na podłożu z ceramiki lub laminatu epoksydowego i połączonych elektrycznie w układzie do multipleksowania (wszystkie segmenty cyfr połączone razem). Budowę pojedynczej struktury siedmiosegmentowej przedstawiono na rys. 2.2.4. W płytce krzemowej (strukturze) jest wdyfundowanych 7 diod paskowych o wspólnej katodzie (COM K), a całość pokrywa cienka warstwa ochronna z przezroczystego SiO_2. Anody poszczególnych segmentów są połączone ze ścieżkami, poprowadzonymi na podłożu za pomocą cienkiego drutu aluminiowego lub złotego (średnica ok. 0,1 mm) techniką zgrzewania ultradźwiękowego lub termokompresji. Materiał półprzewodnikowy jest kosztowny, ogranicza się więc wymiary struktury (do ok. 2×3 mm) i stosuje soczewki powiększające zapewniające jednocześnie widoczność cyfr z dużego kąta.

Na rysunku 2.2.5 przedstawiono budowę popularnego 9-cyfrowego wskaźnika kalkulatorowego typu CQYP 95.

Wskaźniki zbudowane ze struktur LED dobrze nadają się do sterowa-



Rys. 2.2.7. Budowa wskaźnika fluorescencyjnego: a) schemat ideowy pojedynczej cyfry, b) konstrukcja wskaźnika

1 — osłona szklana, *2* — filtr zielony, *3* — siatka *G*, *4* — włókno żarzenia (katoda), *5* — luminofor, *6* — segmenty (anody), *7* — mika, *8* — podłoże szklane, *9* — ścieżki przewodzące (połączone do multipleksowania — niewidoczne na rysunku), *10* — wyprowadzenia segmentów, *11* — wyprowadzenie siatki

Tablica 2.2 Zamiana kodów

Kod dziesiętny 0-9	Kod BCD D C B A	Kod wskaźnika siedmiosegmentowego a b c d e f g	Kształt cyfry na wskaźniku
0	0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 0	0
1	0 0 0 1	0 1 1 0 0 0 0	1
2	0 0 1 0	1 1 0 1 1 0 1	2
3	0 0 1 1	1 1 1 1 0 0 1	3
4	0 1 0 0	0 1 1 0 0 1 1	4
5	0 1 0 1	1 0 1 1 0 1 1	5
6	0 1 1 0	1 0 1 1 1 1 1	6
		0 0 1 1 1 1 1	6
7	0 1 1 1	1 1 1 0 0 0 0	7
8	1 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1	8
9	1 0 0 1	1 1 1 1 0 1 1	9
		1 1 1 0 0 1 1	9

nia impulsowego z multipleksera, mają bowiem małą bezwładność oraz dużą sprawność świecenia przy dość niskim poborze mocy.

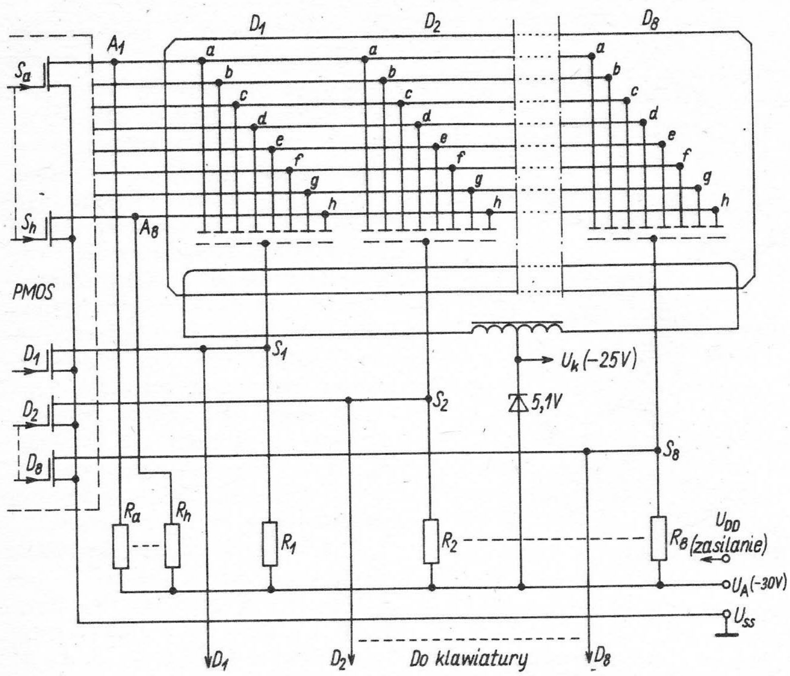
Sposób sterowania wskaźnika przedstawiono na rys. 2.2.6. Poszczególne cyfry od D_1 do D_9 są kolejno włączane, poprzez wzmacniacze z układu sterowania klawiatury. W chwili kiedy do wspólnej katody wskaźnika D_n jest doprowadzony ujemny potencjał baterii, multiplekser generuje odpowiednią kombinację impulsów sterujących segmenty $S_a \ldots$ $\ldots S_h$ (doprowadzających potencjał dodatni do segmentów). Kombinacja ta określa, jaką cyfrę wyświetla wskaźnik D_n. Multipleksowanie odbywa się z częstotliwością 0,2... ...1 kHz dzięki czemu obserwator ulega złudzeniu, że wszystkie segmenty świecą jednocześnie. Rezystory *R* ograniczają prąd płynący przez segmenty. Sterowanie katod, których prąd jest kilkakrotnie większy odbywa się najczęściej za pośrednictwem wzmacniaczy bipolarnych (inwerterów) lub tranzystorów.

W tablicy 2.2 podano wartości cyfr od 0 do 9 wyrażone w kodzie dwójkowo-dziesiętnym (BCD) oraz w kodzie wskaźnika siedmiosegmentowego.

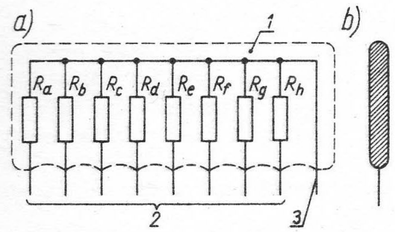
2.2.3 Wskaźniki lampowe fluorescencyjne i ich sterowanie

Niebieskozielona barwa o nie męczącej wzroku poświacie, duże jasne cyfry, mały pobór mocy, bezpośrednie sterowanie z układu scalonego stanowią podstawowe zalety wskaźników fluorescencyjnych. Do istotnych wad tych wskaźników należy zaliczyć kruchość bańki szklanej, wrażliwość na wstrząsy włókna żarzenia oraz dość krótki czas pracy, ograniczony żywotnością katody (włókna). Zasada działania wskaźnika opiera się na zjawisku elektroluminescencji, tj. emisji fotonów światła pod wpływem padającego na anodę, pokrytą luminoforem, strumienia elektronów.

Wskaźnik kalkulatorowy składa się z zespołu pojedynczych lampek (np. DG8) lub z jednej bańki szklanej, w której na wspólnym podłożu z miki znajduje się do kilkunastu cyfr i znaków (rys. 2.2.7). Nad cyframi, w postaci cienkiego drutu, rozpięta



Rys. 2.2.8. Sposób sterowania kalkulatorowego wskaźnika fluorescencyjnego



Rys. 2.2.9. Drabinka oporowa: a) schemat połączeń wewnętrznych, b) widok z boku
1 — zalewa hermetyczna, 2 — wyprowadzenie, 3 — wyprowadzenie wspólne (COM)

jest katoda żarzona bezpośrednio. Typowe napięcia żarzenia wynoszą 0,8, 1,5 lub 12 V i są tak dobrane, że żarzenie następuje poniżej progu widoczności. Elektroda *G* sterująca zapalenie się cyfry ma postać cieniutkiej siateczki rozpiętej nad segmentami. Anody umieszczone w mikowych przepustach lub szkle i połączone z wyprowadzeniami oraz odpowiednimi szynami segmentów jak przy multipleksowaniu posiadają zagłębienia wypełnione luminoforem. Napięcie anodowe w zależności od wydajności katody wynosi 25... ...60 V. Do lampy, podczas produkcji, po wypompowaniu powietrza, wprowadza się geter, który po utlenieniu przyjmuje barwę srebrzysto-szarą. Przedostanie się powietrza do wewnątrz (np. w wyniku pęknięcia rurki odpowietrzacza) powoduje zabielenie getera, co świadczy o uszkodzeniu wskaźnika.
Wskaźnik lampowy jest sterowany bezpośrednio z układu kalkulatora, jak to pokazano na rys. 2.2.8. Napięcie anodowe o ok. −30 V poprzez zespoły rezystorów tzw. *drabinki oporowe* (rys. 2.2.9) zasila segmenty $a \dots h$ (anody) oraz cyfry $D_1 \dots D_8$ (siatki). Do katody np. poprzez diodę Zenera doprowadza się potencjał o kilka woltów wyższy, tj. ok. −25 V, który zapobiega nasycaniu i przypadkowemu zaświecaniu cyfry. Sterowanie wskaźnika odbywa się przez kluczowanie tranzystorów w obwodach siatek (cyfr) i anod (segmentów), jak to opisano dla wskaźnika LED. Przy braku sygnałów sterujących prąd nie płynie (potencjał anod jest bliski napięciu anodowemu) i lampa jest w stanie zatkania (potencjał katody jest wyższy, tj. mniej ujemny niż potencjał anod). W tym stanie lampa nie świeci. Pojawienie się impulsów sterujących siatkami $D_1 \dots D_8$ oraz anodami $S_a \dots S_h$ powoduje wzrost ich potencjałów praktycznie do zera (najmniej ujemny potencjał), przepływ prądu i występowanie zjawiska elektroluminescencji.

Ostatnio firmy japońskie rozpoczęły produkcję wskaźników wymagających napięć anodowych 9...12 V — głównie do zastosowań w elektronice samochodowej. Pobór prądu przez segmenty (anody) w zależności od wielkości cyfr wynosi 0,2...1 mA. Różnorodność zastosowań powoduje, że wskaźniki fluorescencyjne buduje się w różnych wersjach, tj. np. o małym poborze mocy i niskich i wysokich napięciach anodowych oraz żarzenia.
Wskaźniki o dużych cyfrach wymagają z reguły stosowania wzmacniaczy sterujących, którymi najczęściej są układy tranzystorowe.

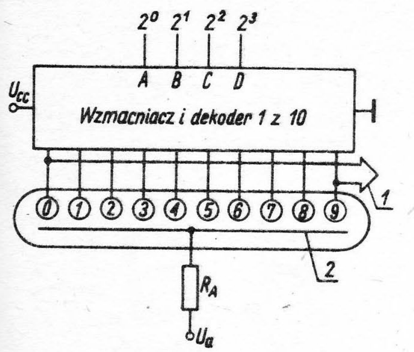
2.2.4 Wskaźniki neonowe i ich sterowanie

2.2.4.1 Wskaźnik neonowy typu „NIXI"

Wskaźniki neonowe, popularnie zwane lampami „NIXI", wywodzą się jeszcze z epoki lamp elektronowych. Duże wymiary cyfry oraz prosta i niezawodna konstrukcja sprawiają, że jeszcze obecnie lampy te stosuje się w niektórych rozwiązaniach przemysłowych. Ich działanie opiera się na zjawisku jarzenia się gazu (neonu) wokół zimnej katody. Do zapalenia gazu potrzebne jest napięcie anodowe rzędu 70.... ...150 V. Pojedynczy wskaźnik ma dziesięć katod (cyfry od 0 do 9 oraz przecinek) i wspólną anodę. Sterowanie poszczególnych cyfr odbywa się najczęściej poprzez układ dekodera kodu BCD na kod jeden z dziesięciu. Przepływający prąd wywołuje jarzenie się gazu wokół cyfry, której potencjał jest bliski zeru. Sterowanie wyświetlania cyfr na wskaźniku zbudowanym z lampek „NIXI" może zachodzić z rozdziałem czasowym. Sposób sterowania przedstawiono na rys. 2.2.10.

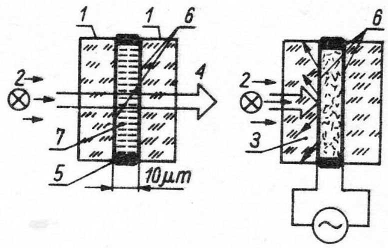
2.2.4.2 Wskaźniki neonowe typu „PANAPLEX"

Wskaźniki PANAPLEX stosuje się na ogół w urządzeniach zasilanych z sieci. Zasada pracy, jak poprzednio, jest oparta na zjawisku jarzenia towarzyszącego wyładowaniu w gazie, przy czym gaz jest w tym przypadku wstępnie zjonizowany tak, aby impulsy sterujące mogły go



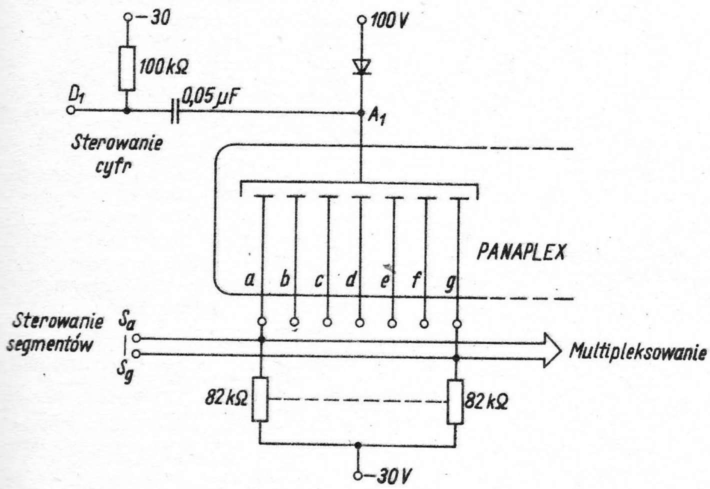
Rys. 2.2.10. Sterowanie lampki „NIXI”

1 — sterowanie multipleksowania pozostałych cyfr (katody), *2* — wspólna anoda

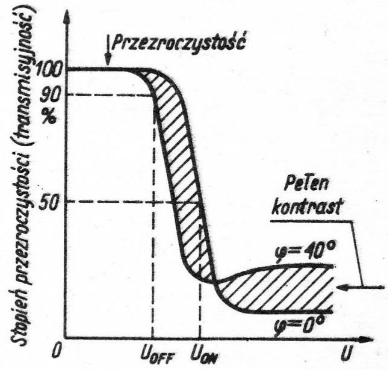


Rys. 2.2.12. Zjawisko rozpraszania w ciekłym krysztale

1 — płytki szklane, *2* — źródło światła, *3* — rozpraszanie, *4* — przezroczysty ciekły kryształ, *5* — klej lub folia samoprzylepna, *6* — przezroczyste elektrody, *7* — warstwa ciekłego kryształu typu smektycznego



Rys. 2.2.11. Sterowanie wskaźnika „Panaplex” bezpośrednio z kalkulatora



Rys. 2.2.13. Przezroczystość wskaźnika ciekłokrystalicznego (LCD) w funkcji amplitudy napięcia sterującego U i kąta obserwacji φ ($U_{OFF} \approx \approx 1$ V, $U_{ON} \approx 1{,}5$ V, φ — kąt obserwacji mierzony od prostopadłej)

zapalić. Wskaźnik zawiera siedmiosegmentowe cyfry o wspólnej anodzie (niekiedy występują także dodatkowo specjalne symbole). Do zasilania jest potrzebne napięcie wynoszące 160...200 V. Wielocyfrowy wskaźnik znajduje się w płaskiej bańce szklanej wypełnionej neonem. Na zewnątrz są wyprowadzone metalizowane kontakty przystosowane do multipleksowania z dekodera siedmiosegmentowego.

Przykładowy sposób sterowania wskaźnika PANAPLEX bezpośrednio ze struktury kalkulatorowej przedstawiono na rys. 2.2.11. Segmenty $a \ldots g$ tworzą katody, elektrodą wspólną jest anoda A_1. Multipleksowanie przebiega analogicznie jak w przypadku wskaźnika typu LED.

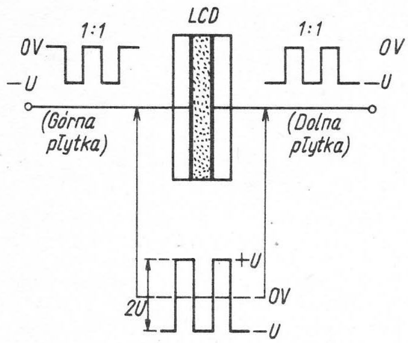
Sumaryczne napięcie sterujące zapalanie segmentu wynosi ok. 160 V, a prąd katodowy w zależności od jaskrawości — 0,5...5 mA.

2.2.5 Kalkulatorowe wskaźniki typu LCD i ich sterowanie

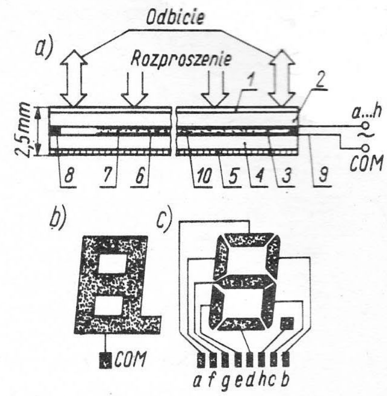
2.2.5.1 Podstawowe właściwości wskaźników LCD

Pewne substancje organiczne, zwane *ciekłymi kryształami,* w określonym przedziale temperatur (zwykle $-20 \ldots +70$°C), wskazują jednocześnie właściwości zarówno ciał stałych krystalicznych (właściwości optyczne i elektryczne), jak i cieczy (płynność). Stan taki nosi nazwę *mezofazy*. Siły międzycząsteczkowe ciekłego kryształu są niewielkie i dlatego do uporządkowania cząsteczek potrzebne są równie małe siły elektrostatyczne. Strukturę ciekłego kryształu można przyrównać do dipoli umieszczonych w cieczy.

Zasadę działania wskaźnika ciekłokrystalicznego LCD (ang. *liquid crystal display*) przedstawiono na rys. 2.2.12. Wskaźnik zawiera dwie płytki szklane, między którymi znajduje się cienka (ok. 10 µm) warstwa ciekłego kryształu. Od strony wewnętrznej są naniesione elektrody z przezroczystego materiału. W tak cienkiej warstwie dipole są uporządkowane samoistnie i padające światło przechodzi przez wskaźnik. Naruszając teraz, pod wpływem zmiennego pola elektrostatycznego, uporządkowanie dipoli (ciekłych kryształów) powoduje się wewnętrzne rozpraszanie padającego strumienia światła i ciekły kryształ przestaje być przezroczysty. Uzyskany stopień rozproszenia (kontrast) zależy od temperatury, częstotliwości i amplitudy napięcia sterującego, rodzaju użytego ciekłego kryształu, oświetlenia i kierunku obserwacji. Jedną z takich zależności przedstawiono na rys. 2.2.13. Siły elektrostatyczne i międzycząsteczkowe powodują, że dopiero powyżej pewnego napięcia progowego występuje zjawisko roz-

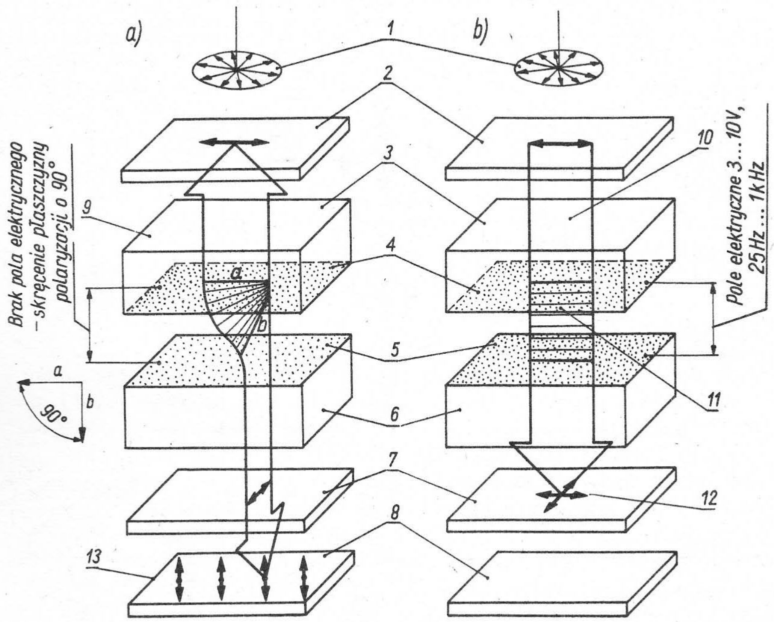


Rys. 2.2.14. Zasada sterowania komórki LCD (impulsy sterujące — w przeciwfazie)



Rys. 2.2.15. Konstrukcja wskaźnika LCD z rozpraszaniem dynamicznym: a) przekrój poprzeczny, b) górna elektroda, c) dolna elektroda

1 — filtr zwiększający kontrast, *2* — płytka szklana górna, *3* — ciekły kryształ (ok. 10 μm), *4* — płytka szklana dolna, *5* — folia odbijająca, *6* — dolna elektroda (przezroczysta), *7* — górna elektroda (przezroczysta), *8* — folia uszczelniająca, *9* — metalizacja wyprowadzeń, *10* — wzbudzony ciekły kryształ (pomiędzy elektrodami), COM — elektroda wspólna



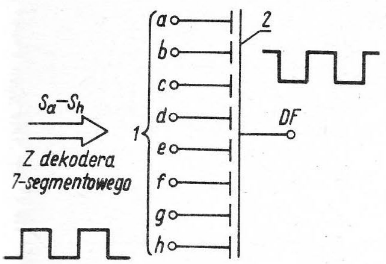
Rys. 2.2.16. Zasada działania wskaźnika LCD z efektem polowym: a) odbijanie światła padającego, b) rozpraszanie światła padającego

1 — padające światło, *2* — polaryzator górny wzdłużny, *3* — górna płytka szklana, *4* — elektroda górna (przezroczysta), *5* — elektroda dolna (przezroczyta), *5* — elektroda dolna (przezroczysta), *6* — dolna płytka szklana, *7* — polaryzator dolny (poprzeczny), *8* — folia odblaskowa (zwierciadło), *9* — światło padające i odbite, *10* — światło padające, *11* — brak skręcenia płaszczyzny polaryzacji, *12* — wygaszenie i rozproszenie w dolnym polaryzatorze, *13* — odbicie światła padającego

proszenia. Zmniejszanie się sił międzycząsteczkowych ze wzrostem temperatury ułatwia ruch cząsteczek, dzięki czemu uzyskuje się wówczas większy kontrast. Lepkość, zależna od temperatury oraz stosunkowo znaczna pojemność elektryczna między elektrodami (ok. 1000 pF) są czynnikami, które ograniczają szybkość reakcji komórki LCD na pobudzenie falą prostokątną. Czasy reakcji (uzyskiwania i tracenia kontrastu) wynoszą w skrajnych przypadkach dziesiętne części sekundy, co utrudnia stosowanie multipleksowania przy sterowaniu wskaźników LCD. Zjawisko rozproszenia w komórce LCD jest najbardziej efektywne w zakresie 20...200 Hz, ale niektóre wskaźniki reagują na częstotliwości do ok. 1 kHz. Polaryzacja komórki LCD napięciem stałym szybko niszczy własności samouporządkowania cząsteczek ciekłego kryształu. Z tego też powodu wskaźniki LCD steruje się napięciem zmiennym bez składowej stałej. Sposób ten przedstawiono na rys. 2.2.14. Górną i dolną elektrodę steruje się ciągami impulsów prostokątnych (wypełnienie 1 : 1) pochodzącymi ze wspólnego źródła i przesuniętymi w fazie o 180° (w przeciwfazie). Między elektrodami pojawia się wówczas, pozbawione składowej stałej, zmienne pole elektrostatyczne o podwojonej amplitudzie napięcia zasilania. Komórka LCD wykazuje, dla powierzchni 1 cm², rezystancję większą niż 100 MΩ, co w efekcie powoduje obciążanie układu prądem w granicach 1...10 μA. Trwałość wskaźników LCD dla temperatury pokojowej wynosi 20...50 tys. godzin pracy.

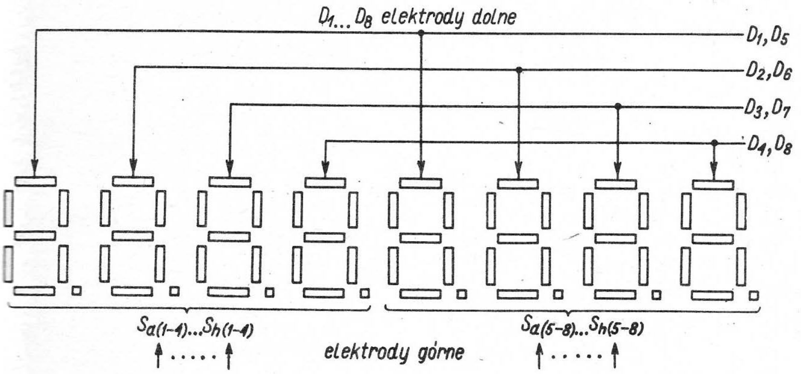
2.2.5.2 Wskaźnik LCD z rozproszeniem dynamicznym

Ciekły kryształ, stosowany we wskaźnikach tego typu, przy braku zewnętrznego pola, charakteryzuje się regularnym poprzecznym lub podłużnym ustawieniem cząsteczek. Padające światło przechodzi w całości przez warstwę ciekłego kryształu i po odbiciu od warstwy odblaskowej powraca niestłumione do obserwatora. Napięcie zmienne o amplitudzie 10...50 V powoduje nieregularne przemieszczanie się cząsteczek ciekłego kryształu co sprawia, że między elektrodami padające światło ulega silnemu rozproszeniu (pochłonięciu przez ośrodek). Uzyskiwany tą drogą kontrast wynosi praktycznie 20 : 1. Główną wadę wskaźników LCD z rozproszeniem dynamicznym stanowi dość duży pobór mocy, wynoszący ok. 100 μW/cm².
Zasadę działania oraz konstrukcję takich wskaźników przedstawiono na rys. 2.2.15. W dolnej i górnej płycie szklanej znajdują się siedmiosegmentowe cyfry wytrawione



Rys. 2.2.17. Sterowanie pojedynczej cyfry LCD
1 — górne elektrody (segmenty), 2 — dolna elektroda (cyfra)

Rys. 2.2.18. Multipleksowanie wskaźnika LCD w dwóch grupach czterocyfrowych



i pokryte cienką warstwą przezroczystego tlenku indu oraz cyny (rys. 2.2.15b, c). Od poszczególnych segmentów oraz od elektrody wspólnej (COM) odchodzą ścieżki zakończone polami kontaktowymi (metalizacja). Powstała między płytkami przestrzeń jest uszczelniona na obrzeżach cienką folią lub klejem. Na jednej ze stron (strona niewidoczna na rysunku) znajduje się zalutowana lub zaklejona szczelina, przez którą wprowadzono ciekły kryształ. Ilość ciekłego kryształu jest tak dobrana, aby w całym zakresie temperatur nie występowały zbędne naprężenia i nieszczelności. Górna płytka szklana jest zwykle pokryta folią, która stanowi filtr tłumiący promieniowanie krótsze od fioletu. Zwiększa to kontrast i trwałość wskaźnika. Pod dolną płytką znajduje się folia odblaskowa odbijająca padające światło.

2.2.5.3 Wskaźnik LCD z efektem polowym

Wskaźnik LCD z efektem polowym charakteryzuje się małym poborem mocy (ok. 1 $\mu W/cm^2$). Minimalna amplituda napięcia sterującego wynosi 3 V, tak że wskaźnik można zasilać bezpośrednio ze struktury CMOS. Do budowy tego wskaźnika stosuje się ciekły kryształ, który ma właściwości porządkowania swoich cząsteczek w spiralne stosy.

Zasadę działania wskaźnika ilustruje rys. 2.2.16. Wskaźnik na górnej i dolnej płytce ma dodatkowo dwa polaryzatory o prostopadle usytuowanych osiach polaryzacji. Przy braku sygnału sterującego (rys. 2.2.16a) padające światło ulega polaryzacji na górnym polaryzatorze, a następnie skręceniu o 90° w ciekłym krysztale. Tak skręcona wiązka światła przechodzi przez dolny polaryzator i po odbiciu od folii odblaskowej wraca tą samą drogą do obserwatora. Wskaźnik jest więc przezroczysty. Doprowadzenie napięcia zmiennego o amplitudzie 3...10 V i częstotliwości 25...1000 Hz (rys. 2.2.16b) powoduje równoległe ustawienie cząsteczek ciekłego kryształu (między przezroczystymi elektrodami). W tych warunkach padający strumień światła po przejściu przez warstwę ciekłego kryształu ulega wygaszeniu i rozproszeniu w dolnym polaryzatorze. W wyniku tego rozproszenia uzyskuje się kontrast do ok. 40 : 1. Niskie napięcie sterowania (znacznie zwiększające żywotność ciekłego kryształu), kilkakrotnie większy kontrast, ok. 100-krotnie mniejszy pobór mocy (w porównaniu ze wskaźnikami z rozproszeniem dynamicznym) oraz bezpośrednie sterowanie z układu CMOS spowodowały szerokie rozpowszechnienie wskaźników LCD z efektem polowym w kalkulatorach, zegarkach i sprzęcie pomiarowym.

Wskaźniki LCD mają również pewne wady, do których można zaliczyć:

— brak odporności na udary (pęknięcia płytek LCD),
— rozhermetyzowanie się płytek LCD, co powoduje powstawanie na wskaźniku ciemnych plam, uniemożliwiających odczyt,
— starzenie się ciekłego kryształu, co zmniejsza rezystancję komórki ciekłokrystalicznej,
— dyfuzję ciekłego kryształu na pola kontaktowe poprzez uszczelkę łączącą obie płyty szklane, co powoduje zwiększenie poboru prądu i zmniejszenie się kontrastu,
— wrażliwość na składową stałą przebiegu sterującego, co w efekcie powoduje stałe „świecenie" segmentów,
— niekorzystny wpływ podwyższonej temperatury (możliwość rozhermetyzowania).

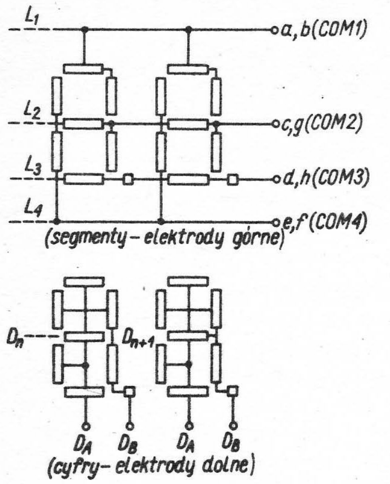
2.2.5.4 Sterowanie wskaźników LCD

Do sterowania pojedynczych cyfr stosuje się ciągi impulsów prostokątnych (bez składowej stałej) podane między elektrodę wspólną oraz elektrodę reprezentującą dany segment, jak to pokazano na rys. 2.2.17. Przy czym ciągi impulsów zgodne w fazie nie wzbudzają ciekłego kryształu (pola przezroczyste), w przeciwfazie zaś powodują zmianę jego orientacji, w wyniku czego następuje rozpraszanie padającego światła, co obserwator odczytuje jako cyfrę lub znak.

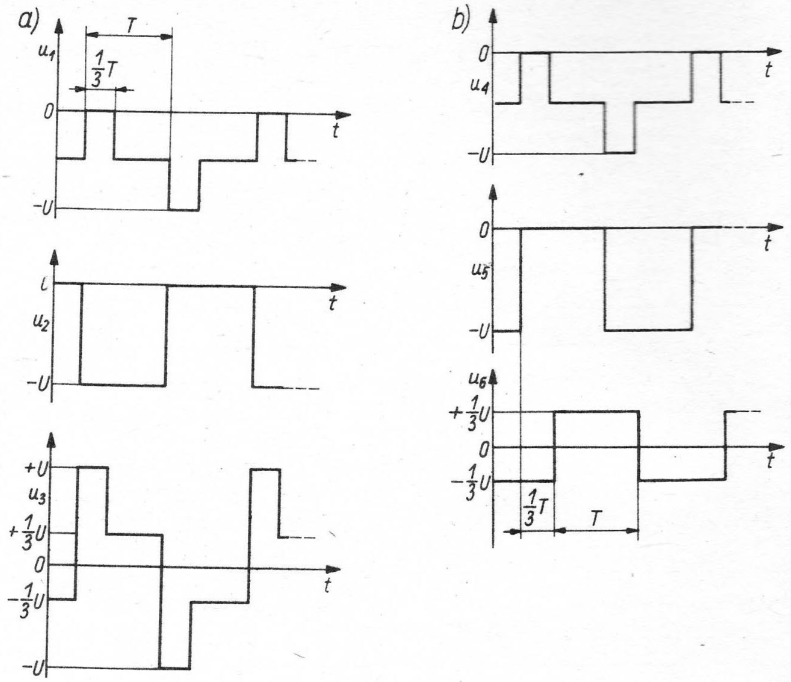
Sterowanie wskaźników LCD o większej liczbie cyfr, ze względu na małą szybkość przełączania, wymaga stosowania innych rozwiązań niż w przypadku sterowania wskaźników LED. Stosując multipleksowanie należy dokonać podziału pola odczytowego wskaźnika na kilka grup.

Stosuje się następujące metody *podziału pola odczytowego:*

1. Pole odczytowe dzieli się na poszczególne cyfry np. $D_1 \ldots D_8$, sterowanie segmentami $S_a \ldots S_h$ odbywa się w sposób równoległy z zastosowaniem dekodera siedmiosegmentowego. Elektroda dolna jest wspólna dla wszystkich cyfr. Sterowanie odbywa się z częstotliwością 30... ...200 Hz.

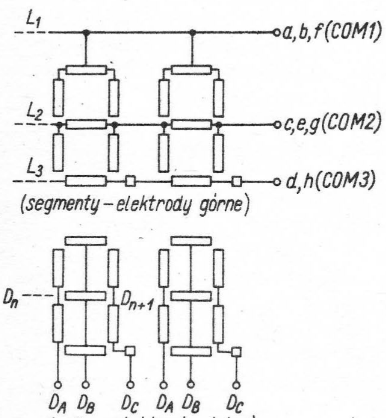


Rys. 2.2.19. Multipleksowanie wskaźnika LCD przy podziale dolnej elektrody na dwie grupy



Rys. 2.2.21. Przykładowe ciągi impulsów sterujące wskaźnik LCD przy podziale dolnej elektrody na trzy grupy: a) sterowanie w przeciwfazie, b) sterowanie w fazie

u_1, u_4 — sygnały doprowadzone do cyfry (np. D_A), u_2, u_5 — sygnały doprowadzone do segmentów (np. COM1), u_3 — sygnał wysterowania (włączenia) segmentu f, u_6 — sygnał wygaszenia (wyłączenia) wszystkich segmentów



Rys. 2.2.20. Multipleksowanie wskaźnika LCD przy podziale dolnej elektrody na trzy grupy

2. Pole odczytowe (np. 8 cyfr) dzieli się na dwie grupy czterocyfrowe (lub cztery dwucyfrowe). Na rysunku 2.2.18 pokazano sposób multipleksowania dla dwóch grup czterocyfrowych. Sterowanie segmentów $S_{a(1-4)} \dots S_{h(1-4)}$ oraz $S_{a(5-8)} \dots \dots S_{h(5-8)}$ odbywa się jednocześnie w niezależnych obwodach.

3. Pole odczytowe dzieli się na poszczególne cyfry $D_1 \dots D_8$, przy czym elektrody dolne są rozdzielone na dwie grupy D_A i D_B. Segmenty $S_a \dots S_h$ (elektrody górne) są sterowane poprzez cztery linie $L_1 \dots L_4$ wspólne dla całego wskaźnika (COM1 ... COM4). Sposób ten przedstawiono na rys. 2.2.19.

4. Pole odczytowe dzieli się na poszczególne cyfry $D_1 \dots D_8$, przy czym elektrody dolne są rozdzielone na trzy grupy D_A, D_B, D_C. Segmenty $S_a \dots S_h$ (elektrody górne) są sterowane poprzez trzy linie $L_1 \dots L_3$ wspólne dla całego wskaźnika (COM1 ... COM3) (rys. 2.2.20).

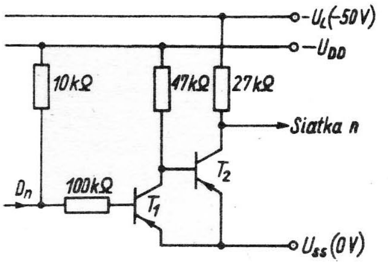
Multipleksowanie pola odczytowego $S_a \dots S_h$ w metodach 3 i 4 odbywa się odpowiednio w czterech i trzech cyklach. Przykładowo na rysunku 2.2.21 przedstawiono ciągi impulsów sterujących wskaźnik LCD przy zastosowaniu podziału cyfr na trzy grupy ($U_1 \dots U_3$, $U_4 \dots U_6$). Gdy sterowanie segmentów odbywa się w przeciwfazie nastąpi włączenie segmentu f (rys. 2.2.21a), gdy zaś sterowanie segmentów jest zgodne w fazie włączenie segmentów nie nastąpi (rys. 2.2.21b).

Segmenty nie zostaną włączone również w przypadku, gdy napięcie sterujące nie osiągnie wymaganej amplitudy (2/3U).

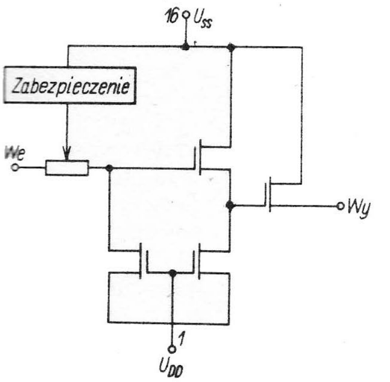
2.2.6 Kalkulatorowe wzmacniacze sterujące

Sterowanie wskaźników kalkulatorowych wymaga dostosowania poziomów prądów i napięć wyjściowych układu scalonego do poziomów prądów i napięć wejściowych wskaźnika oraz niekiedy przekształcania kodu wewnętrznego kalkulatora na kod wskaźnika.

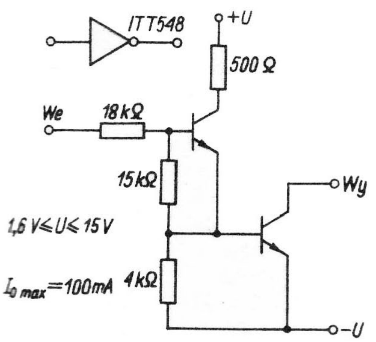
Sterowanie lampy fluorescencyjnej odbywa się najczęściej bezpośrednio ze struktury p-MOS. Wskaźniki wymagające wyższych napięć anodowych (ponad 30 V) steruje się przez wzmacniacze tranzystorowe. Na rysunku 2.2.22 przedstawiono schemat typowego wzmacniacza sterującego siatkę lampy (cyfrę). Jest to wzmacniacz tranzystorowy dwustopniowy o sprzężeniu bezpośrednim. Napię-

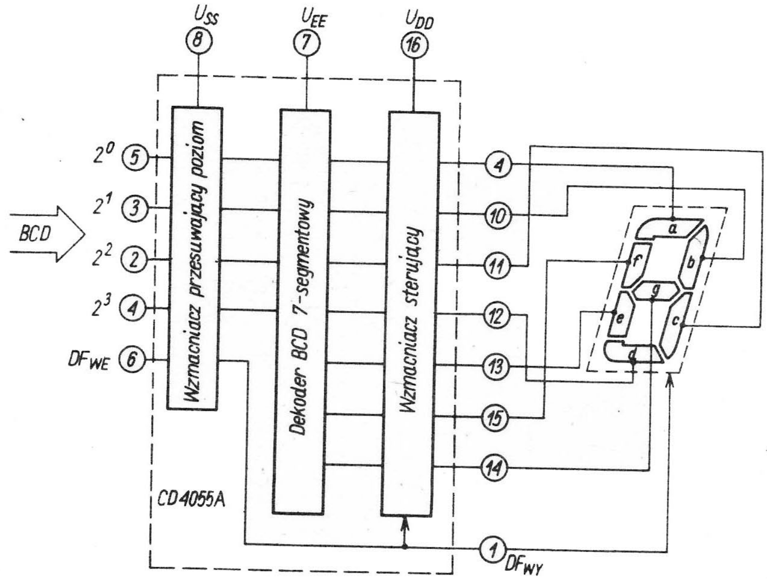


Rys. 2.2.22. Tranzystorowy wzmacniacz sterujący siatkę lampy

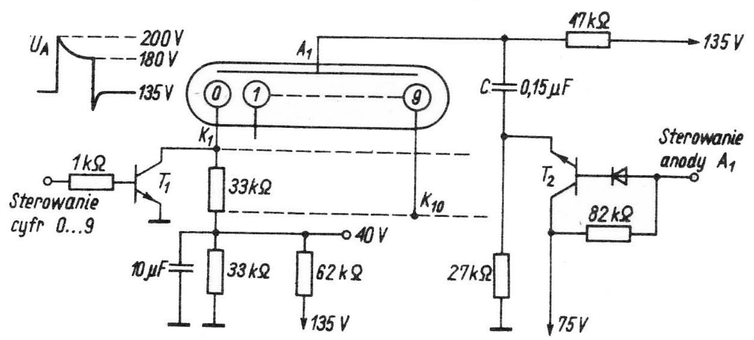


Rys. 2.2.23. Przykład wzmacniacza sterującego segmenty (ITT 7103)





Rys. 2.2.25. Schemat blokowy wzmacniacza do sterowania cyfrą LCD



Rys. 2.2.26. Sterowanie lampki NIXI

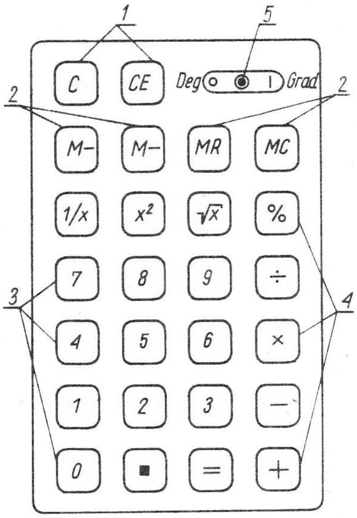
Rys. 2.2.24. Wzmacniacz do sterowania cyfr wskaźnika LED

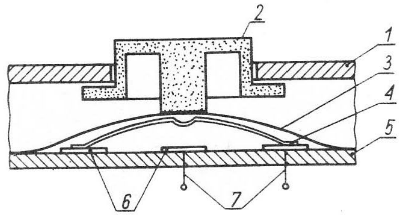
cie U_{CB} tranzystora T_2 musi być większe od napięcia anodowego lampy.

Sterowanie segmentów wskaźnika typu LED odbywa się najczęściej w sposób bezpośredni lub poprzez rezystory szeregowe ze struktury MOS, a niekiedy poprzez dekoder kodu BCD na kod wskaźnika siedmiosegmentowego. W niektórych rozwiązaniach starszych konstrukcji stosowano również wzmacniacze jednotranzystorowe. Do sterowania segmentów można stosować wzmacniacze wykonane techniką *p*-MOS np. o układzie jak na rys. 2.2.23.

Sterowanie cyfr wskaźnika (wspólna anoda lub katoda, przez którą płynie kilkakrotnie większy prąd) wymaga stosowania wzmacniacza cyfr. Wzmacniacze cyfr ze względu na przenoszone moce są z przyczyn technologicznych wykonywane w technice bipolarnej. Najczęściej są to wzmacniacze dla dziewięciu cyfr o układzie jak na rys. 2.2.24. Wzmacniacze te pracują poprawnie przy napięciu zasilającym o wartości 2... ...15 V i prądzie wyjściowym do 100 mA. Są nimi inwertery, tj. wzmacniacze, których napięcia wyjściowe są w przeciwfazie do napięć wejściowych.

Wzmacniacze sterujące wskaźnik LCD stanowią zazwyczaj integralną część struktury kalkulatorowej. Do pojedynczej cyfry można stosować np. wzmacniacz typu CD4055A wykonany techniką CMOS o układzie przedstawionym na rys. 2.2.25. Napięcie o częstotliwości 30...200 Hz (ang. *display frequency* — DF) steruje odpowiednio w fazie lub w przeciwfazie cyfrą wskaźnika LCD. Do sterowania lampek NIXI stosuje się często wzmacniacze tranzystorowe. Przykładowe rozwiązanie takiego wzmacniacza pokazano na rys. 2.2.26. Wskaźnik ten pracuje w układzie multipleksera i jest sterowany napięciem o poziomach TTL. Wybranie odpowiedniej cyfry od 0 do 9 zachodzi w chwili nasycenia tranzystora T_1 (potencjał katody staje





Rys. 2.2.28. Fragment klawiatury z membraną metalową

1 — ramka klawiatury, 2 — klawisz, 3 — folia elastyczna (samoprzylepna) hermetyzująca, 4 — membrana (w kształcie talerza), 5 — płytka laminatu z centrycznie umieszczonymi polami kontaktowymi, 6 — kontakty na płytce drukowanej, 7 — wyprowadzenia

Rys. 2.2.27. Przykładowe rozmieszczenie klawiszy

1 — kasowania, 2 — pamięci, 3 — cyfry, 4 — rozkazy, 5 — przełącznik

się w przybliżeniu równy potencjałowi masy). Tranzystor steruje się z dekodera kodu BCD na kod „1 z 10". Jednakże zaświecenie cyfry jest uwarunkowane wzrostem potencjału anody do ok. +180 V. Sterowanie potencjału anody odbywa się poprzez układ wybierania cyfr. Statyczny potencjał anody wynosi +135 V. Wysterowanie tranzystora T_2 powoduje, że na kondensatorze C odkłada się napięcie ok. 65 V, co powoduje wzrost potencjału anody względem masy do 180 ... 200 V i zajarzenie się jednej z 10 cyfr.

Sterowanie wskaźników typu PANAPLEX może odbywać się bezpośrednio ze struktury *p*-MOS, jak to pokazano na rys. 2.2.11. Sterowanie wskaźnika kalkulatorowego typu PANAPLEX II wymaga stosowania separującego wzmacniacza anodowego oraz katodowego.

2.2.7 Klawiatury kalkulatorów

Klawiatura służy do wprowadzenia liczb i rozkazów do kalkulatora. Liczba i kształt klawiszy, konstrukcja pola klawiatury, rodzaj zestyków są dostosowane do zadań i zastosowań kalkulatora. Symbole służące do opisu klawiszy są znormalizowane i komunikatywne. Dokładny opis symboli podano w p. 2.3. Większość producentów kalkulatorów, ze względów ergonomicznych, stosuje typowy układ klawiszy.

Ogólnie, klawiatura jest zorganizowana w postaci matrycy o odpowiedniej liczbie kolumn i wierszy, na których przecięciu znajdują się zestyki (punkt 2.1.4). Charakterystyczny rozkład klawiszy przedstawiono na rys. 2.2.27. Można tu wyróżnić część składającą się z klawiszy samych cyfr oraz punktu dziesiętnego, część składającą się z klawiszy rozkazów i kasowania oraz część zawierającą klawisze operacji na pamięciach. Niezależnie mogą również występować przełączniki np. zamiany jednostek i dodatkowych funkcji. Ze względu na ograniczone pole klawiatury, w kalkulatorach realizujących wiele funkcji ten sam klawisz służy do kilku operacji. Konstrukcja klawiatury w znacznej mierze decyduje o walorach użytkowych i poprawnej pracy kalkulatora.

Właściwą konstrukcję klawiatury charakteryzuje:

— miękkie (mała siła docisku) i stabilne przełączenia,
— czas drgań pasożytniczych zestyku mniejszy niż 0,5 ms,
— minimalny czas zamknięcia zestyku ok. 10 ms,
— mała rezystancja zestyku, na ogół mniejsza od 0,5 Ω,
— duża rezystancja izolacji, minimum 100 MΩ,
— dowolna pozycja pracy,
— odporność na korozyjne wpływy atmosfery (szczelność),
— trwałość (w warunkach normalnych) co najmniej 2500 h pracy lub 10 milionów przełączeń.

Klawiatura stanowi najczęściej niezależny podzespół kalkulatora połączony z układem połączeń drukowanych za pomocą połączeń elastycznych (przewody, giętki laminat, wielożyłowy kabel, gumki przewodzące, sprężynki). W starszych konstrukcjach stosowano również połączenia sztywne (złącza). Ostatnio coraz częściej pole klawiatury znajduje się na tej samej płytce co układ scalony.

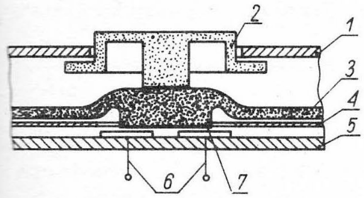
2.2.7.1 Klawiatura mechaniczna (stykowa)

Klawiatura z zestykiem mechanicznym należy do najpopularniejszych i najtańszych rozwiązań. Można tu wyróżnić konstrukcje z membraną oraz z zestykiem uchylnym. Fragment klawiatury z membraną przedstawiono na rys. 2.2.28. Funkcje przełącznika i sprężyny spełnia tu odpowiednio uformowana metalowa membrana. Pola stykowe, najczęściej w postaci okręgów współśrodkowych są złocone lub niklowane, a czystość ich powierzchni decyduje o stabilności zestyku. Wadą tego rozwiązania jest znaczna twardość klawiatury, powodująca nieprzyjemne zmęczenie palców. Tego typu klawiatury stosuje się głównie w kalkulatorach szkolnych lub inżynierskich, tj. nie przeznaczonych do pracy ciągłej. Wprowadzaniu cyfry czy rozkazu towarzyszy wówczas charakterystyczny trzask z jednoczesnym mignięciem stanu wskaźnika. W przypadku konstrukcji z blaszką uchylną klawisz jest bardziej elastyczny i delikatny. Wadą takich klawiatur jest natomiast zmęczenie materiału membrany lub ułamanie blaszki.

Warunkiem czystości pól stykowych jest szczelność klawiatury, którą osiąga się chroniąc je elastyczną folią od strony klawiszy i dokładnym zamknięciem. Niektóre tego rodzaju klawiatury są, z tego względu, nierozbieralne.

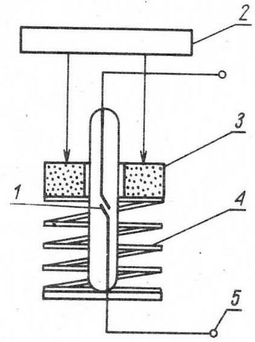
2.2.7.2 Klawiatura z zestykiem z gumy przewodzącej

Zestyki z gumy przewodzącej zaczęto stosować w płaskich konstrukcjach kalkulatorów, zwłaszcza ze wskaźnikami LCD. Klawiatura taka praktycznie nie wykazuje zużycia oraz jest prosta w konstrukcji i konserwacji. Duża powierzchnia zestyku sprawia, że kontakt jest pewny i nie wnosi drgań pasożytniczych. Rezystancja zestyku wynosi kilka ... kilkanaście omów. Można tu wyróż-



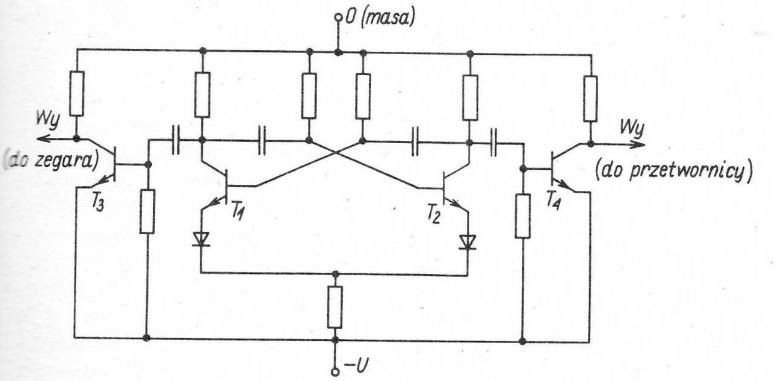
Rys. 2.2.29. Fragment klawiatury z zestykiem z gumy przewodzącej

1 — ramka klawiatury, 2 — klawisz, 3 — uszczelniająca przekładka z gumy spełniająca jednocześnie funkcję sprężyny, 4 — przekładka izolacyjna, 5 — płytka laminowana z polami kontaktowymi, 6 — wyprowadzenia, 7 — powierzchnia przewodząca (na gumie)

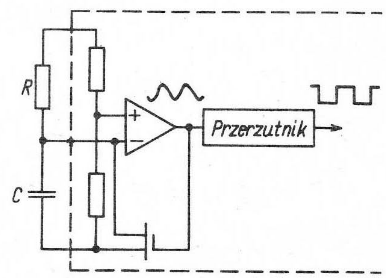


Rys. 2.2.30. Zasada pracy klawisza kontaktronowego

1 — zestyk magnetyczny zamknięty w rurce szklanej, 2 — klawisz, 3 — magnes ferrytowy, 4 — sprężyna, 5 — wyprowadzenie



Rys. 2.2.31. Zewnętrzny generator zegarowy



Rys. 2.2.32. Wewnętrzny generator zegarowy, *R*, *C* — elementy dobierane

nić konstrukcję wykonaną z jednego kawałka gumy przewodzącej oraz podobną do konstrukcji membranowej. Fragment klawiatury z zestykiem z gumy przewodzącej pokazano na rys. 2.2.29. Jej konserwacja polega na przemyciu spirytusem pól kontaktowych i powierzchni stykowych gumy (powierzchni przewodzącej).

2.2.7.3 Klawiatura kontaktronowa

W kalkulatorach o większej niezawodności stosuje się zazwyczaj modułową klawiaturę kontaktronową. Zadziałanie zestyku kontaktronu następuje na skutek przesunięcia osadzonego współśrodkowo pod klawiszem magnesu ferrytowego (rys. 2.2.30). Przesuwający się magnes powoduje przełączenie hermetycznie zamkniętego w szklanej rurce zestyku, wykonanego z materiału magnetycznego. Powierzchnie przełączające są specjalnie utwardzone i pokryte złotem. Konstrukcja taka spełnia zasadniczo wszystkie, stawiane klawiaturom, wymagania, jednakże w wyniku starzenia materiałów po dłuższym użytkowaniu występuje sklejanie się zestyków (magnetyzm szczątkowy) lub brak ich łączenia.

Konstrukcja modułowa znacznie ułatwia wymianę uszkodzonego zestyku. Produkowany w kraju moduł K-108 charakteryzuje maksymalna moc przełączania 3 W przy maksymalnej rezystancji przejścia 0,5 Ω. Trwałość określa się na 2500 h ciągłej pracy (przy częstotliwości 10 Hz i obciążeniu rezystancyjnym).

2.2.7.4 Klawiatury bezdotykowe (sensorowe)

Klawiaturą bezdotykową nazywa się klawiaturę, w której funkcję zestyku mechanicznego pełni łącznik elektroniczny. Próby wprowadzenia tego typu klawiatur należy uznać za nieudane. Klawiatury tego typu okazały się bowiem dość wrażliwe na zakłócenia zewnętrzne, a ponadto ich częste uszkodzenia praktycznie eliminowały kalkulator z użycia.

Stosowane rozwiązania klawiatur sensorowych wykorzystują następujące zjawiska:

— zmiana pojemności obwodu przy zbliżaniu palca,

— zmiana rezystancji obwodu przy dotyku palcem,

— zmiana pojemności obwodu przy zbliżaniu rdzenia wykonanego z dielektryka.

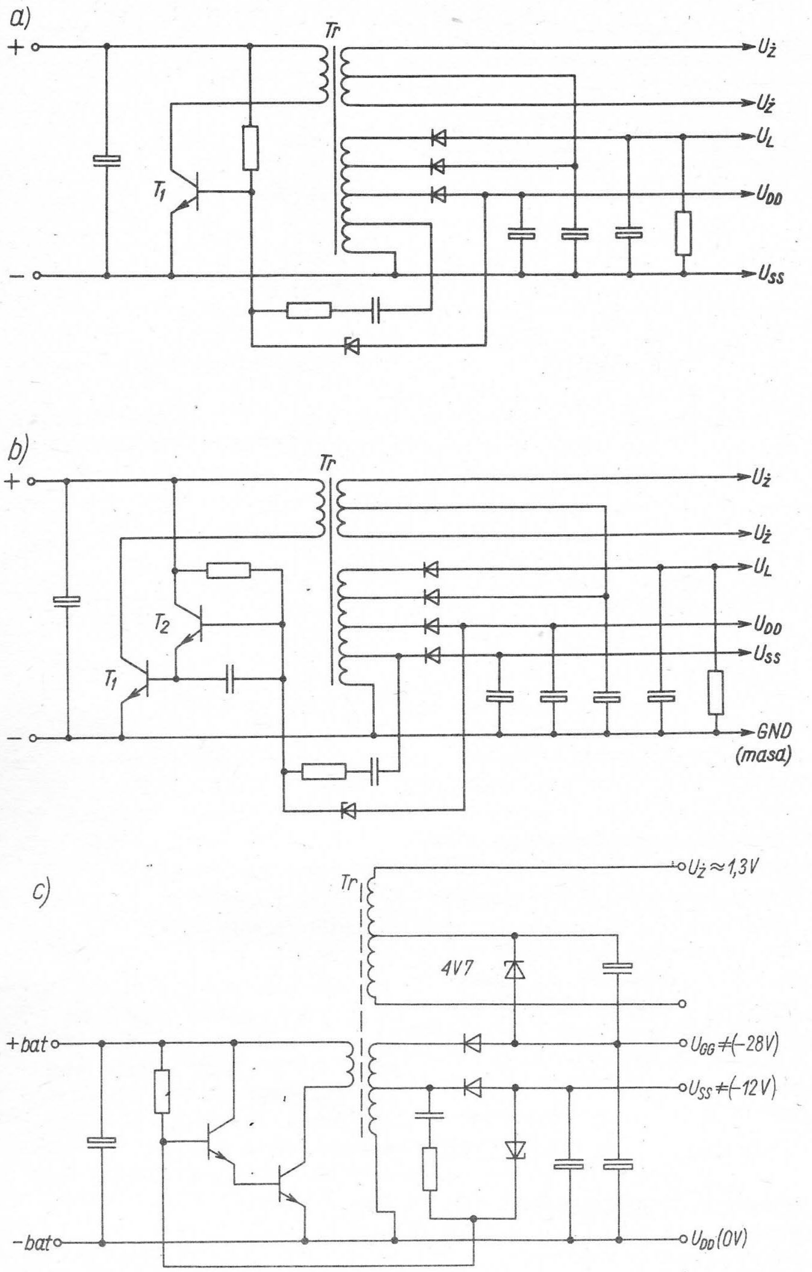
Prowadzi się ponadto próby konstrukcji klawiatur z zastosowaniem zjawiska Halla (sterowanie złącza półprzewodnikowego polem magnetycznym) oraz klawiatur optoelektronicznych (zastosowanie zjawiska przerywania strumienia świetlnego na drodze między źródłem a detektorem światła).

2.2.8 Generatory zegarowe

Generatory zegarowe, zwane również zegarami, są źródłem impulsów sterujących sekwencyjną pracę układów logicznych oraz układ wyświetlania i wybierania informacji z klawiatury.

W starszych konstrukcjach wykorzystywano je również do sterowania przetwornicy kalkulatora.

Schemat układu typowego generatora zegarowego przedstawia rys. 2.2.31. Tranzystory T_1 i T_2 pracują w układzie multiwibratora, T_3 i T_4



Rys. 2.2.33. Typowe przetwornice kalkulatorowe do zasilania wskaźnika fluorescencyjnego

tworzą stopnie separujące. Na wyjściu multiwibratora otrzymuje się najczęściej falę prostokątną o wypełnieniu 1 : 1 i amplitudzie w przybliżeniu równej amplitudzie napięcia zasilania. Częstotliwość generacji, w zależności od konstrukcji i organizacji struktury kalkulatora, wynosi ok. 10 ... 100 kHz i nie jest wielkością krytyczną.

W nowszych układach kalkulatorowych generator zegarowy znajduje się wewnątrz struktury. Na zewnątrz są umieszczone elementy *RC* decydujące o częstotliwości generatora (rys. 2.2.32). W takich rozwiązaniach wartości elementów (R, C) muszą być zgodne z wymaganiami producenta.

Obecnie produkowane układy kalkulatorowe zawierają najczęściej wewnątrz cały generator zegarowy.

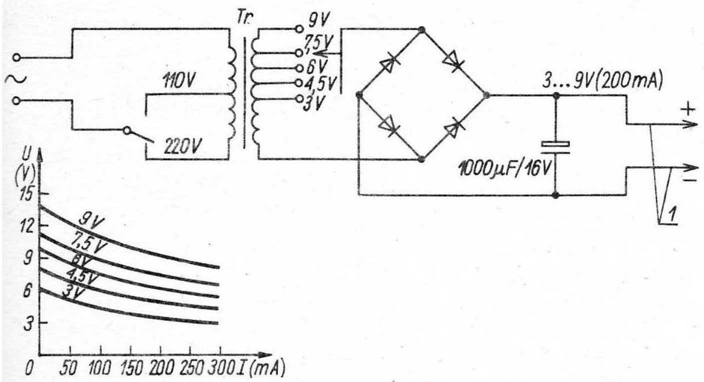
2.2.9 Przetwornice kalkulatorowe

Zasilanie kalkulatora wymaga często stosowania napięć o kilku wartościach lub też podwyższania napięcia baterii. W przypadku zasilania bateryjnego jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie przetwornicy DC—DC (ang. *direct current*). Zasada pracy przetwornicy DC—DC polega na zamianie stałego napięcia baterii, w układzie generatora, na napięcie zmienne i transformacji tego napięcia. Uzyskane w ten sposób na uzwojeniach wtórnych napięcia są następnie prostowane i filtrowane. Ujemne sprzężenie zwrotne zapewnia stabilizację napięć wyjściowych tak w funkcji spadku napięcia baterii zasilającej, jak i zmian obciążenia, którym jest np. układ wyświetlania. Stosowanie częstotliwości oscylacji 10 ... 30 kHz zapewnia wysoką sprawność przetwornicy i ułatwia filtrację (małe gabaryty i pojemności kondensatorów). Do zasilania bezpośrednio żarzonych katod wskaźnika fluorescencyjnego stosuje się jedno z uzwojeń transformatora, które jest połączone z przewodem napięcia anodowego wskaźnika (U_{GG}) np. poprzez diodę Zenera. Na rysunku 2.2.33 przedstawiono typowe rozwiązania przetwornic kalkulatorowych.

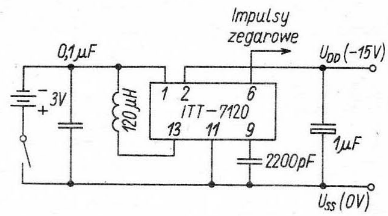
Do podwyższania napięcia baterii stosuje się przetwornice uproszczone lub specjalne układy scalone (rys. 2.2.34).

2.2.10 Zasilacze kalkulatorowe

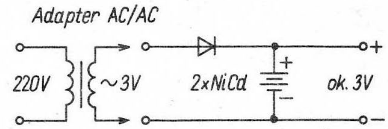
Popularne kalkulatory są zwykle zasilane poprzez uniwersalne niestabilizowane zasilacze sieciowe (adaptery AC/DC) (ang. *alternating current*) przez specjalny wtyk odłączający jednocześnie baterię. Napięcie wyjściowe dobiera się przez zmianę odczepu na transformatorze. Ze względu na brak stabilizacji wartość chwilowa napięcia zależy od wartości pobieranego prądu. Użytkując taki zasilacz należy zwrócić uwagę na jego napięcie pracy, polaryzację napięcia na wtyku oraz na maksymalny pobór prądu. Po zakończonej pracy należy odłączyć zasilacz od sieci, bowiem z reguły nie ma on bezpiecznika, a ponadto dłuższe, nawet bez obciążenia, włączenie



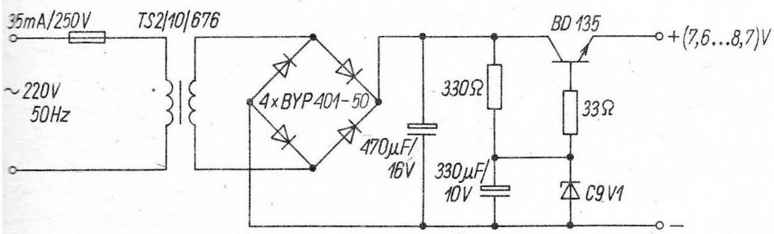
Rys. 2.2.35. Niestabilizowany zasilacz kalkulatorowy (regulacja napięcia następuje przez przełączenie odczepów na transformatorze)
1 — wtyk kalkulatorowy



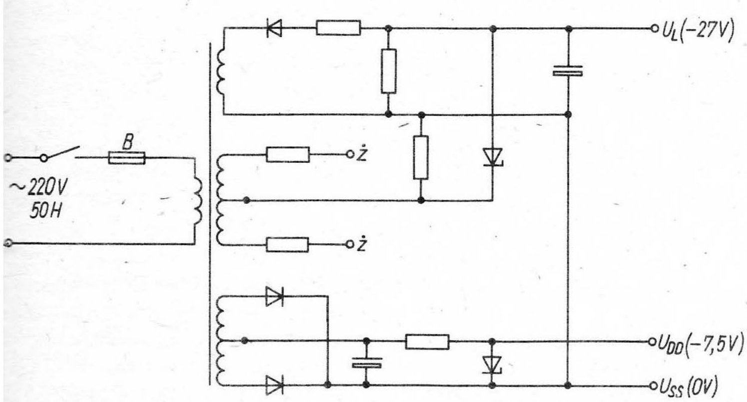
Rys. 2.2.34. Przetwornica podwyższająca napięcie baterii



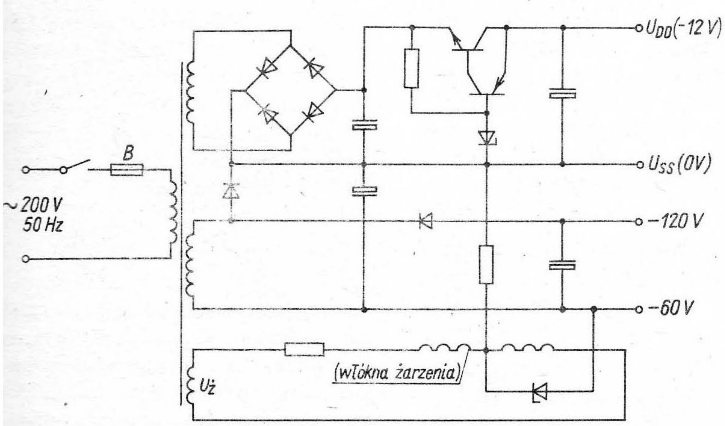
Rys. 2.2.36. Buforowe zasilanie baterii akumulatorowej



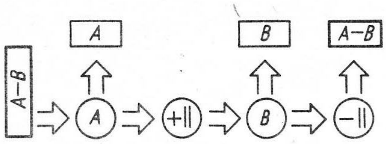
Rys. 2.2.37. Zasilacz kalkulatorowy ZS 0,15/9 produkcji krajowej



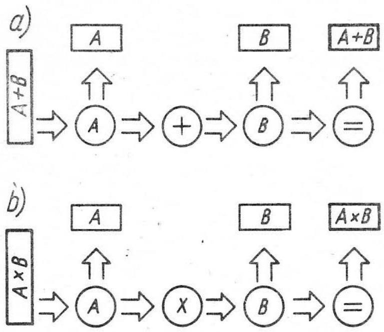
Rys. 2.2.38. Zasilacz kalkulatora stołowego o małym poborze mocy

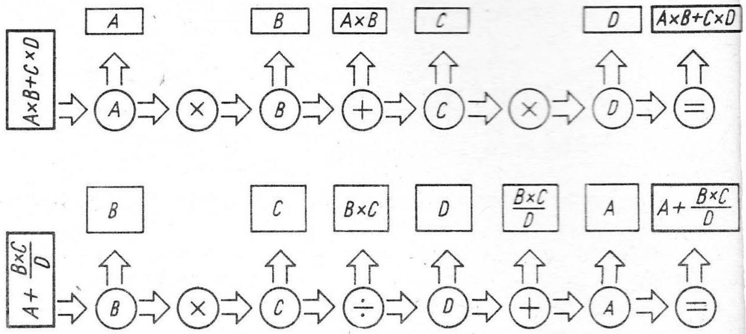


Rys. 2.2.39. Zasilacz sieciowy ze stabilizatorem szeregowym i podwajaczem napięcia



Rys. 2.3.1. Odejmowanie — kolejność operacji (system arytmetyczny)





Rys. 2.3.3. Przykłady obliczeń — kolejność operacji (system podstawowy z preferencją działań)

Rys. 2.3.2. Dodawanie (a) i mnożenie (b) — kolejność operacji (system podstawowy)

może spowodować przegrzanie transformatora. Schemat takiego zasilacza pokazano na rys. 2.2.35.

Niektóre kalkulatory są wyposażone w zasilacze prądu zmiennego (adapter AC/AC) przeznaczone do ładowania akumulatorów. W takim przypadku akumulator pełni funkcję stabilizatora (praca buforowa rys. 2.2.36).

Krajowe zasilacze kalkulatorowe, np. typ ZS 0,15/9/2, mają układy stabilizacji (rys. 2.2.37). Zasilacz ZS 0,15/9/2 zapewnia stabilizację nie gorszą niż −10% oraz +5% odpowiednio dolnej i górnej granicy zmian napięcia sieciowego. Napięcie wyjściowe przy obciążeniu prądem znamionowym (150 mA) oraz praktycznym rozrzucie napięć Zenera zawiera się w granicach 7,6...8,7 V. Produkuje się również zasilacze 3- i 6-woltowe.

Kalkulatory stołowe mają najczęściej stabilizowane zasilacze sieciowe. Przy małym poborze mocy do stabilizacji stosuje się diodę Zenera (rys. 2.2.38), a przy większych (np. zasilanie drukarki) tranzystor szeregowy (rys. 2.2.39).

W bardziej skomplikowanych konstrukcjach kalkulatorów może występować kilka niezależnych zasilaczy stabilizowanych o różnych napięciach wyjściowych (dodatnich i ujemnych). Obecnie stosuje się coraz częściej scalone stabilizatory napięć z wewnętrznym zabezpieczeniem przed zwarciem lub przeciążeniem.

2.3 Parametry użytkowe kalkulatorów

O przydatności kalkulatora do określonego zastosowania decydują:

1) rodzaj zastosowania arytmetyki, zakresy liczbowe i dokładność,
2) zakres wykonywanych operacji (szkolny, finansowy, techniczny, naukowy itp.),
3) możliwość wykonywania operacji na pamięciach,
4) właściwości użytkowe, tj.:
— rozwiązanie konstrukcyjno-technologiczne (rodzaj i wymiary wskaźnika oraz klawiatury, konstrukcja przenośna lub stołowa itp.),
— pobór mocy, okres pracy baterii, koszt baterii, możliwość zasilania zewnętrznego,
— możliwość pracy programowanej, współpraca z urządzeniami wejściowymi i wyjściowymi (pamięci zewnętrzne, drukarka, monitor itp.),
— dodatkowe funkcje kalkulatora (zegar, stoper, budzik, dyktafon, „grające klawisze" itp.).

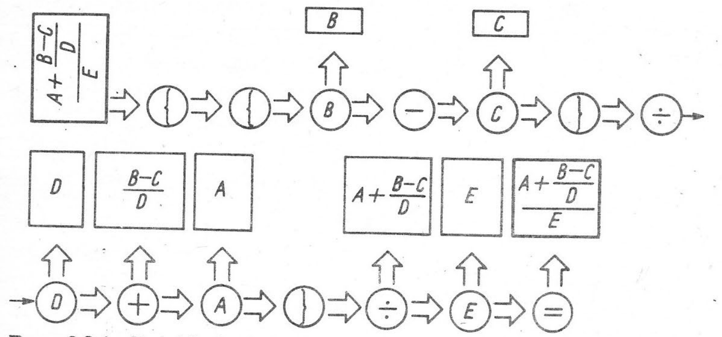
2.3.1 Wprowadzanie liczb i rozkazów do kalkulatora

Sfera zastosowań kalkulatora narzuca sposób przetwarzania informacji, a zatem i sposób wprowadzania liczb i rozkazów. Stosuje się przy tym następujące systemy:

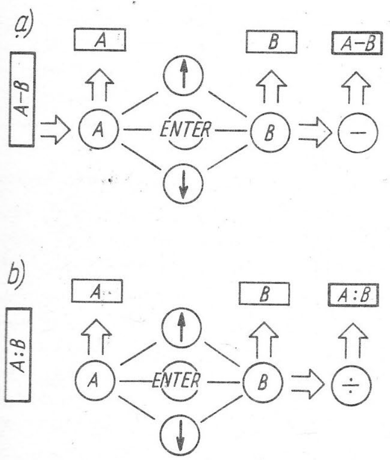
1. *System arytmetyczny* (logika arytmetyczna). Ten sposób komunikowania się z układem scalonym jest spotykany w kalkulatorach starszej generacji, które wykonywały wyłącznie działania podstawowe. System arytmetyczny łączy funkcje znaku równości z operatorem dodawania i odejmowania. Kalkulatory nie mają oddzielnego klawisza znaku równości. Zasadą jest tutaj najpierw wprowadzanie liczb rozdzielonych klawiszem znaku równości, a następnie rozkazu operacji. Przebieg operacji odejmowania wyjaśnia rys. 2.3.1. Jest to kolejno: wprowadzenie i wyświetlenie na wskaźniku składnika *A*, rozdzielenie składników operatorem równości (połączonym z operatorem dodawania), wprowadzenie i wyświetlenie składnika *B*, zadanie rozkazu operatorem odejmowania (połączonym ze znakiem równości), wyświetlenie wyniku operacji.

2. *System podstawowy* (logika algebraiczna pierwszego stopnia). Jest to najbardziej powszechny sposób komunikowania się z logiką kalkulatora. Poszczególne liczby i rozkazy wprowadza się w takiej kolejności, w jakiej formułuje się je w mowie i zapisie algebraicznym. Każdą operację należy zakończyć znakiem równości. Przykładowy przebieg operacji dodawania i mnożenia pokazano na rys. 2.3.2.

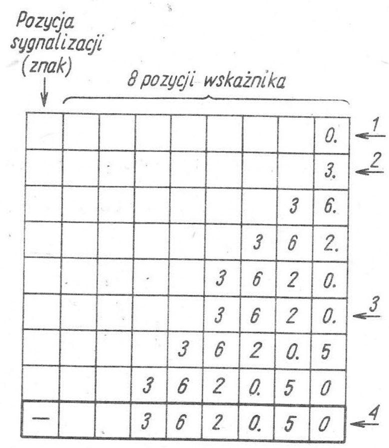
3. *System podstawowy z preferencją działań* (logika algebraiczna drugiego stopnia). Ten system znalazł zastosowanie głównie w kalkulatorach naukowo-technicznych. Dzia-



Rys. 2.3.4. Przykład obliczenia — kolejność operacji (system nawiasowy)



Rys. 2.3.5. Odejmowanie (a) i dzielenie (b) — kolejność operacji (system odwrotnej notacji polskiej)



Rys. 2.3.6. Przykład wpisywania liczby — 3620,50 w arytmetyce stałopozycyjnej

1 — po skasowaniu, *2* — po wprowadzeniu najbardziej znaczącej cyfry, *3* — po wprowadzeniu przecinka, *4* — po wprowadzeniu całej liczby

łania mnożenia i dzielenia są tu zawsze wykonywane przed dodawaniem czy odejmowaniem, co ułatwia wykonywanie złożonych operacji i ciągów obliczeń. Przykłady obliczeń pokazano na rys. 2.3.3.

4. *System nawiasowy* (logika algebraiczna z nawiasami). W tym systemie można dodatkowo, za pomocą nawiasów, ustalać kolejność wykonywania operacji. Występują dodatkowe klawisze nawiasów o dwóch lub trzech poziomach oraz zazwyczaj dodatkowe rejestry (STORE) służące do przechowywania danych i wyników. Stosując odpowiednie poziomy nawiasów można wykonać w jednym ciągu złożone obliczenia (rys. 2.3.4). System nawiasowy mają przede wszystkim kalkulatory programowane.

5. *System odwrotnej notacji polskiej* (zapis polski). Kalkulator, w którym wykorzystuje się ten system można poznać po braku klawisza znaku równości. Zamiast niego występuje charakterystyczny klawisz z napisem ENTER, ENT lub strzałką. Wykonując obliczenia należy najpierw wprowadzić do rejestrów poszczególne liczby (rozdzielone rozkazem ENTER), a dopiero na końcu zadać rozkaz wykonania operacji (rys. 2.3.5). System ten spotyka się w niektórych kalkulatorach naukowych. Jego zaletę stanowi zmniejszenie liczby rozkazów przy długich ciągach obliczeń.

W przedstawionych przykładach obliczenia należy rozpoczynać od skasowania zawartości pamięci — czego nie pokazano na rysunkach. Praktycznie we wszystkich typach kalkulatorów zadanie rozkazu powoduje charakterystyczne mrugnięcie wskaźnika, co stanowi potwierdzenie wprowadzenia rozkazu lub liczby.

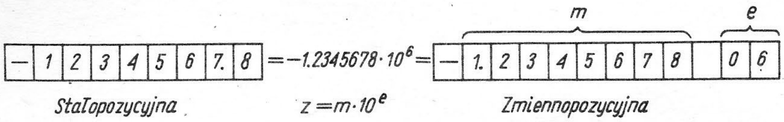
2.3.2 Metody zapisu liczb i zakresy liczbowe kalkulatorów

Ograniczona liczba pozycji wskaźnika (najczęściej nie większa niż dziewięć cyfr) i rejestratorów wejściowych zmusiła projektantów kalkulatorów do stosowania przy wprowadzaniu i przetwarzaniu liczb dwóch rodzajów arytmetyk, tj.: arytmetyki stałopozycyjnej i arytmetyki zmiennopozycyjnej.

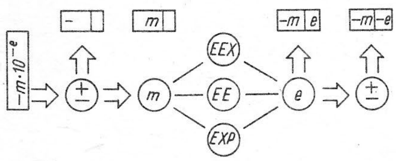
2.3.2.1 Arytmetyka stałopozycyjna (naturalny zapis liczb)

Wszystkie popularne kalkulatory wykorzystują arytmetykę stałopozycyjną. Zakres liczbowy takiego kalkulatora określa liczba cyfr na wskaźniku. Praktycznie wynosi ona 6, 8 lub 10, ale w kalkulatorach finansowych spotyka się 16 pozycji. Wprowadzanie liczby zaczyna się od najbardziej znaczącej cyfry. Po części całkowitej liczby wprowadza się przecinek, a następnie ułamek dziesiętny. Dla liczb ujemnych dokonuje się zmiany znaku na „—". Kolejne etapy wprowadzania liczby np. — 3620,50 w zapisie stałopozycyjnym pokazano na rys. 2.3.6. Po skasowaniu zawartości rejestru na wskaźniku, z prawej jego strony ukaże się zero (z przecinkiem dziesiętnym). Następnie po wprowadzeniu najbardziej znaczącej cyfry nastąpi zmiana zera na wartość tej cyfry. Wprowadzanie kolejnych cyfr spowoduje przesuwanie liczby ku lewej stronie wskaźnika. Przekroczenie dopuszczalnej dla danego kalkulatora liczby pozycji powoduje sygnalizację przepełnienia. Najczęstsze sposoby sygnalizacji przepełnienia to pojawienie się litery *E* lub napisu *OVER* po lewej stronie wskaźnika, pojawienie się wszystkich przecinków dziesiętnych lub migotanie wyświetlanej liczby.

W arytmetyce stałopozycyjnej w zależności od wartości danych lub wyniku przecinek może znajdować się na dowolnej pozycji na wskaźniku. W celu wykorzystania pełnej pojemności rejestrów, przecinek w trakcie wykonywania operacji zmienia automatycznie swoje położenie na



Rys. 2.3.7. Zapis liczby — $1.2345 \cdot 10^6$ w arytmetyce stało- i zmiennopozycyjnej



Rys. 2.3.8. Wpisywanie liczby $z = -m \cdot 10^{-e}$ w arytmetyce zmiennopozycyjnej

wskaźniku. Przecinek taki nazywa się *przecinkiem pływającym*. W niektórych typach kalkulatorów istnieje specjalny klawisz (PS) służący do programowania położenia przecinka dziesiętnego lub pracy z przecinkiem pływającym. W kalkulatorach finansowych istnieje z reguły specjalny przełącznik ustalający liczbę miejsc po przecinku. Ograniczony zakres liczbowy w arytmetyce stałopozycyjnej oraz możliwość powstania błędu (np. na wskaźniku 8-cyfrowym wynik mnożenia $10^{-4} \times 10^{-4}$ wyniesie zero) spowodowały wprowadzenie arytmetyki zmiennopozycyjnej.

2.3.2.2 Arytmetyka zmiennopozycyjna (wykładniczy zapis liczb)

W arytmetyce zmiennopozycyjnej każda liczba jest zawsze wpisywana do rejestru w postaci wykładniczej

$z = m \cdot 10^e$

przy czym: $0{,}1 \leqslant m < 1$ jest mantysą (w zmodyfikowanej postaci $1 \leqslant m < 10$) zawartą najczęściej w 8 lub 10 pozycjach wskaźnika, natomiast $00 < |e| < 99$ jest cechą liczby zmiennopozycyjnej (zawsze liczbą całkowitą).

Dla przykładu na rys. 2.3.7 przedstawiono liczbę zapisaną w postaci wykładniczej w arytmetyce zmienno- i stałopozycyjnej (wskaźnik 8-cyfrowy). Wprowadzana do kalkulatora liczba zmiennopozycyjna będzie wyświetlana na wskaźniku bez podstawy dziesiętnej. Operacji tej dokonuje się w kolejności jak na rys. 2.3.8.

Brak znaku minus przed mantysą lub cechą oznacza wartości dodatnie tych liczb i nie należy wówczas używać klawisza zmiany znaku.

W niektórych rozwiązaniach kalkulatorów o arytmetyce zmiennopozycyjnej wprowadzana liczba jest wyświetlana w postaci stałopozycyjnej, aż do chwili przepełnienia, a następnie automatycznie następuje przejście do zapisu zmiennopozycyjnego. Rozszerzony zakres liczbowy w arytmetyce zmiennopozycyjnej jest okupiony złożoną konstrukcją logiki kalkulatora, co powoduje wydłużenie czasu wykonania operacji.

Zakresy liczbowe kalkulatorów o arytmetyce stało- i zmiennopozycyjnej podano w tabl. 2.3 i 2.4.

2.3.3 Dokładność i możliwe błędy kalkulatorów

Dokładność obliczeń wynika z liczby cyfr wskaźnika, rodzaju stosowanej arytmetyki i metody obliczeniowej. W arytmetyce stałopozycyjnej przy przekroczeniu przez wartość wyniku dopuszczalnej liczby cyfr należy się liczyć z pewnym błędem wartości wskazywanej. Dokonując wstępnych obliczeń rzędu wartości, dostosowując warunki zadania do dokładności kalkulatora oraz przesuwając położenie przecinka dziesiętnego można zapobiec powstaniu niektórych błędów. Stosując kalkulator o arytmetyce zmiennopozycyjnej należy pamiętać o ograniczonej długości mantysy.

Tablica 2.3 Zakresy liczbowe kalkulatorów o arytmetyce stałopozycyjnej

Wskaźnik		Zakresy liczbowe	
		od	do
6-pozycyjny	a	0,000 01	999 999
	b	,000 001	999 999
8-pozycyjny	a	0,000 000 1	99 999 999
	b	,000 000 01	99 999 999
10-pozycyjny	a	0,000 000 001	9 999 999 999
	b	,000 000 000 1	9 999 999 999

a — kalkulator z zerem przed przecinkiem,
b — kalkulator bez zera przed przecinkiem.

Tablica 2.4 Zakresy liczbowe kalkulatorów o arytmetyce zmiennopozycyjnej

Wskaźnik		Zakresy liczbowe	
		od	do
6-pozycyjny	a	10^{-100}	,999 999 10^{99}
	b	10^{-99}	9,999 99 10^{99}
8-pozycyjny	a	10^{-100}	,999 999 99 10^{99}
	b	10^{-99}	9,999 999 9 10^{99}
10-pozycyjny	a	10^{-100}	,999 999 999 9 10^{99}
	b	10^{-99}	9,999 999 999 10^{99}

a — mantysa $0{,}1 \leqslant m < 1$,
b — mantysa zmodyfikowana $1 \leqslant m < 10$.

W niektórych modelach kalkulatorów zaokrąglenie wyniku następuje zgodnie z regułami zaokrąglenia, w innych — pozycje nadmiarowe są kasowane. Maksymalny błąd w zakresie czterech podstawowych działań może wynieść jedną wartość (±1) ostatniej pozycji wskaźnika. Jest to wynik procesu zaokrąglania, obliczenia wewnątrz kalkulatora są bowiem wykonywane zawsze na liczbach o większej ilości pozycji niż liczba pozycji wskaźnika.

Obliczanie funkcji matematycznych odbywa się według algorytmów (stałych programów kalkulatora), wykorzystujących najczęściej rozwinięcie danej funkcji w równoważny szereg. Wiąże się to oczywiście z możliwością powstania błędów przybliżeń i zaokrągleń. By upewnić się co do dokładności wyników, można skonfrontować obliczone wartości z tablicami matematycznymi. Operując na liczbach, których rzędy wartości znacznie się różnią, należy pamiętać, że mimo ich prawidłowego wpisania do rejestrów, w wyniku zostaną odrzucone pozycje nadmiarowe i wartość końcowa może być fałszywa. Szybka metoda pozwalająca ocenić dokładność i błędy kalkulatora polega na obliczeniu zadanej funkcji i znalezieniu, przy użyciu funkcji odwrotnej, argumentu początkowego, np. $X \to 1/X \to X$. Przy zgodności do przedostatniej pozycji wskaźnika należy uznać pracę kalkulatora za prawidłową.

Mimo pełnego zaufania do swojego kalkulatora należy — choćby ze względu na niestabilność źródła zasilania (wyładowana bateria, wadliwe zestyki baterii, zakłócenia w sieci zasilającej) oraz klawiatury (zabrudzone zestyki, podwójne impulsy) — bezustannie krytycznie śledzić wprowadzane liczby i wyniki obliczeń. Obliczenia dające nieoczekiwane wyniki należy powtórzyć lub ewentualnie właściwie zinterpretować. Warto też przed przystąpieniem do poważniejszych obliczeń dobrze przestudiować instrukcję obsługi i wykonać kilka przykładów.

2.3.4 Rodzaje kalkulatorów

Liczba i zakres wykonywanych działań wpływają w decydujący sposób na obszar zastosowań kalkulatora.

Tablica 2.5 Zestawienie symboli klawiatury i pola odczytowego

Symbol	Znaczenie	Pełna nazwa symbolu
1	2	3
AC, C	kasowanie wszystkich rejestrów	All Clear
C	jednokrotne wciśnięcie klawisza — wyzerowanie rejestru zobrazowania, dwukrotne — pozostałych rejestrów	Clear
CD	kasowanie wskaźnika	Clear Display
CE	kasowanie rejestru wejściowego	Clear Enter
CM	kasowanie pamięci	Clear Memory
Cln	kasowanie pamięci o adresie *n*	Clear *n*
CHS	zmiana znaku liczby	Change Sign
$\cos^{-1}$	funkcja arc cos *x*	
$\cosh^{-1}$	funkcja arc cosh *x*	
EE, EEX	wprowadzenie cechy liczby	Enter Exponent
EXP	wykładnik	Exponent
ENTER	wprowadzenie liczby w notacji polskiej	Enter
EX	wymiana zawartości rejestrów *X* i *Y*	Exchange
ERROR	błąd	Error
F	zmiana funkcji klawiszy o podwójnym działaniu	Function
FIX n	ustalanie liczby pozycji po przecinku dziesiętnym	Fix
G	zmiana funkcji klawiszy o potrójnym działaniu	
K	wykonywanie operacji ze stałą liczbą	
=/K	automatyka stałych	
M	pamięć zwykła do przechowania wyniku	Memory
M +	pamięć dodająca wyświetlaną liczbę	
M x	pamięć mnożąca przez wyświetlaną liczbę	
M ÷	pamięć dzieląca przez wyświetlaną liczbę	
$M+x^2$	pamięć dodająca drugą potęgę liczby	
MR	wywołanie zawartości pamięci i wyświetlenia jej na wskaźniku	Memory Recall
MT	wyświetlenie zawartości pamięci z jej jednoczesnym wyzerowaniem	Memory Total
MS	przesłanie wyświetlanej liczby do pamięci	Memory Store
M—X	wymiana zawartości pamięci z rejestrem *X*	
MC	kasowanie zawartości pamięci	Memory Clear
M± M≡ M=	wykonanie działania uprzednio zadanego, dodanie (odjęcie) wyniku do pamięci z jednoczesnym wyświetleniem	
Mode	rodzaj pracy	Mode
MRC	pierwsze wciśnięcie MR, następne MC	
OFF	wyłączenie zasilania	Off
ON	włączenie zasilania	On
PS	ustalenie przecinka dla ułamka dziesiętnego	
R	przesunięcie cykliczne w kalkulatorach z notacją polską	

Tabl. 2.5 (cd.)

1	2	3
Rad—Deg	zmiana argumentu na miarę łukową lub kątową	
RCL n	odczyt z pamięci o adresie *n*	Recall
STO n	zapis do pamięci o adresie *n*	Store
$\sin^{-1}$	funkcja arc sin *x*	
$\sinh^{-1}$	funkcja arc sinh *x*	
$\tan^{-1}$	funkcja arc tan *x*	
$\tanh^{-1}$	funkcja arc tanh *x*	
X—Y	wymiana rejestrów *X* i *Y*	
Y^x	potęgowanie z dowolnym wykładnikiem	
+/—	zmiana znaku	
2nd	patrz F	Second Function
3rd	patrz G	Third Function
L	obniżenie napięcia baterii	
[	przekroczenie zakresu liczbowego — nadmiar	
]	przekroczenie zakresu liczbowego — niedomiar	
.	zajętość pamięci (punkt dziesiętny w lewej skrajnej pozycji wskaźnika).	

Wyróżnia się kilka klas kalkulatorów:

1. Kalkulatory o arytmetyce stałopozycyjnej, czterech działaniach podstawowych z pamięcią lub bez, z możliwością obliczania procentów i pierwiastkowania (często nazywane *kieszonkowymi*), które służą głównie do obliczania prostych rachunków, np. są pomocne przy zakupach.

2. Kalkulatory o takim samym zakresie funkcji, lecz o dużym wskaźniku mającym 10...16 pozycji, dużej klawiaturze i ustawianej liczbie miejsc po przecinku dziesiętnym, często z możliwością wydruku wyniku — nazywane *finansowymi*.

3. Kalkulatory o arytmetyce stałopozycyjnej, najczęściej o wskaźniku ośmiocyfrowym, o czterech działaniach podstawowych z operacjami na pamięciach i funkcjami dodatkowymi $1/X$, X^2, $\sqrt{X}$, stałą „pi" — nazywane *szkolnymi*.

4. Kalkulatory o arytmetyce stałopozycyjnej, o zakresie obliczeń kalkulatorów szkolnych, ale z funkcjami trygonometrycznymi, wykładniczymi i ich odwrotnościami — nazywane *inżynierskimi*.

5. Kalkulatory o arytmetyce stało- i zmiennopozycyjnej z dodatkowymi funkcjami specjalnymi w porównaniu z kalkulatorami inżynierskimi oraz z możliwością stosowania kilku poziomów nawiasów — nazywane *naukowymi*.

6. Kalkulatory programowane, obejmujące wyżej wymienione zakresy obliczeń i funkcji, umożliwiające rozwiązywanie zadań za pomocą wprowadzanych z zewnątrz algorytmów oraz wykonywanie obliczenia na zbiorze parametrów i argumentów z ewentualnym wydrukiem wyniku lub wyświetleniem na ekranie — nazywane *mikrokomputerami*.

2.3.5 Inne właściwości użytkowe kalkulatorów

Dodatkowymi parametrami użytkowymi kalkulatorów są:
— sygnalizacja zużycia baterii,
— sygnalizacja zajętości pamięci,
— wyłączenie wskaźnika po określonym czasie (istotne przy wskaźniku LED),
— sygnalizacja przepełnienie (nadmiaru i niedomiaru),
— automatyczne zerowanie rejestrów w chwili włączenia zasilania,
— akustyczna sygnalizacja włączenia klawisza („nutka"),
— ustawienie przecinka dziesiętnego (za pomocą przełącznika lub klawiatury),
— praca ze stałą,
— możliwość kasowania ostatniej, błędnie wprowadzonej liczby,
— przelicznik miary kątowej na łukową,
— dodatkowa pamięć nie kasowana po wyłączeniu zasilania,
— pływający przecinek,
— minus przed liczbą, a nie na pierwszej od lewej skrajnej pozycji wskaźnika.

2.3.6 Opis klawiatury i pola odczytowego

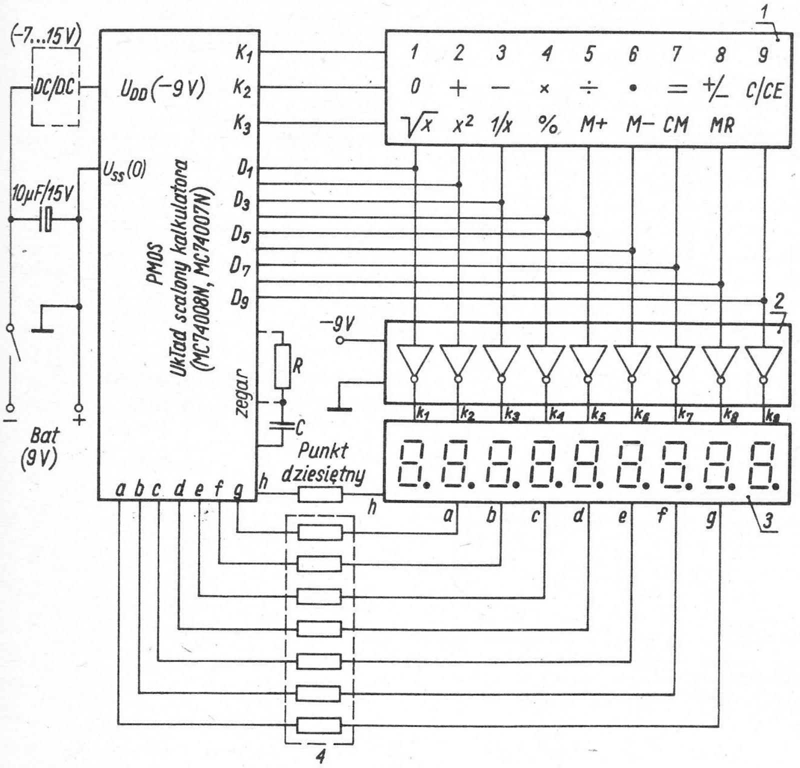
Symbole służące do opisu klawiatury są praktycznie znormalizowane i stosowane przez większość producentów. Są to zwykle pierwsze litery lub skrót nazwy operacji wyrażonej w języku angielskim. W przypadkach wątpliwych należy zawsze sprawdzić znaczenie symbolu w instrukcji obsługi. Zestawienie najbardziej popularnych symboli zawiera tabl. 2.5.

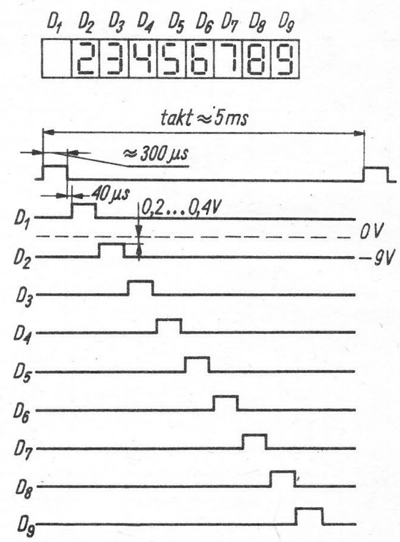
2.3.7 Zalecenia dotyczące eksploatacji kalkulatorów

Kalkulator elektroniczny jest urządzeniem delikatnym, wymagającym wysokiej kultury obsługi.

W czasie eksploatacji kalkulatora należy przestrzegać następujących zasad:

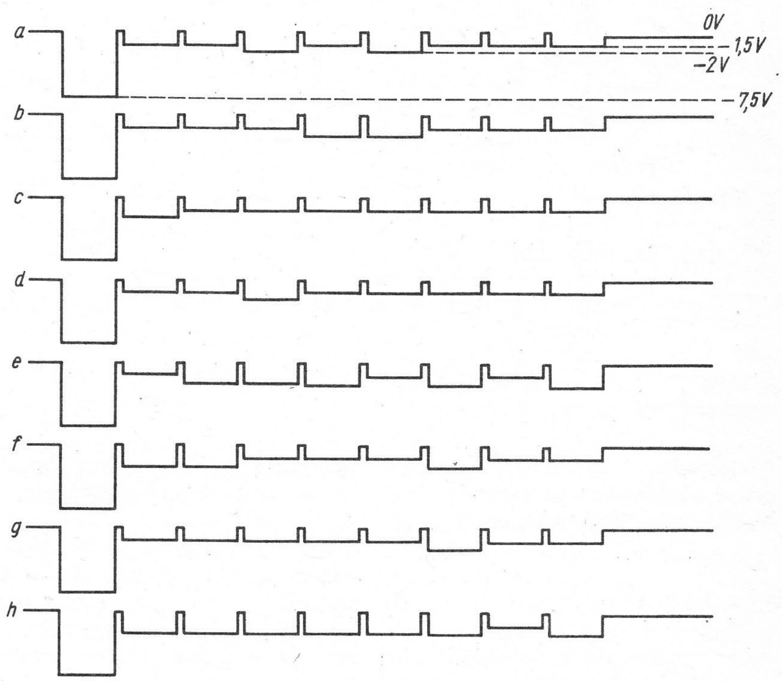
1) nie powodować jego upadków,
2) nie narażać go na wibracje, udary i zgniecenia,
3) chronić go przed działaniem wysokich (ponad 60°C) i niskich (poniżej 0°C) temperatur oraz przed bezpośrednim działaniem promieniowania słonecznego,
4) nie eksploatować go w atmosferze aktywnej chemicznie, lotnych rozpuszczalników, pyłów i wilgoci,
5) nie używać starych baterii grożących wylaniem elektrolitu, a przewidując dłuższe przechowywanie kalkulatora wyjąć baterie z pojemnika,
6) stosować zewnętrzne zasilacze sieciowe zgodnie z zaleceniami producenta,

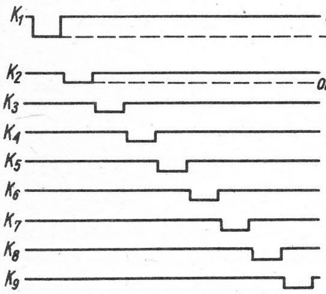




Rys. 2.4.2. Impulsy strobujące klawiatury i wybierania cyfr

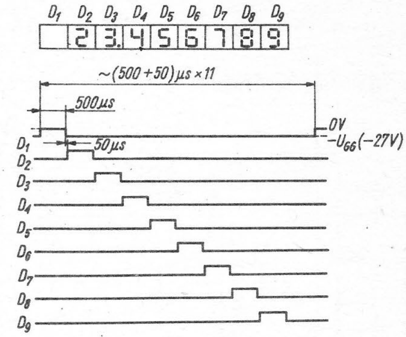
Rys. 2.4.1. Schemat ideowy kalkulatora ze wskaźnikiem 9-cyfrowym LED
1 — klawiatura 3×9, 2 — wzmacniacz cyfr (ITT-548, UCY 74548), 3 — dziewięciocyfrowy wskaźnik LED o wspólnych katodach (NSA 1198, CQYP94), 4 — oporniki ograniczające prąd segmentów (8×1 kΩ)



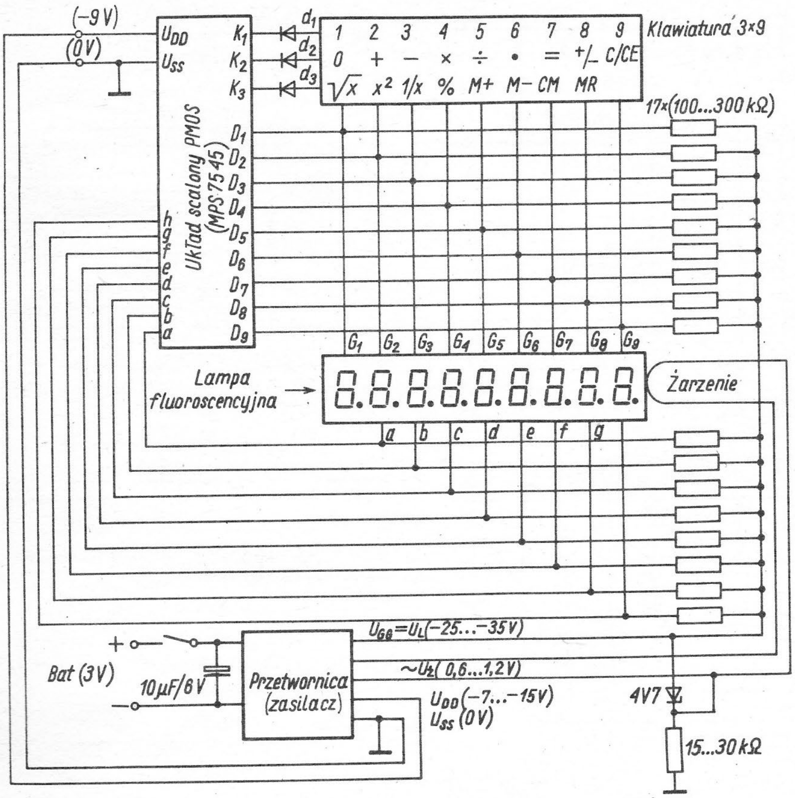


Rys. 2.4.3. Impulsy wyjściowe wzmacniacza cyfr

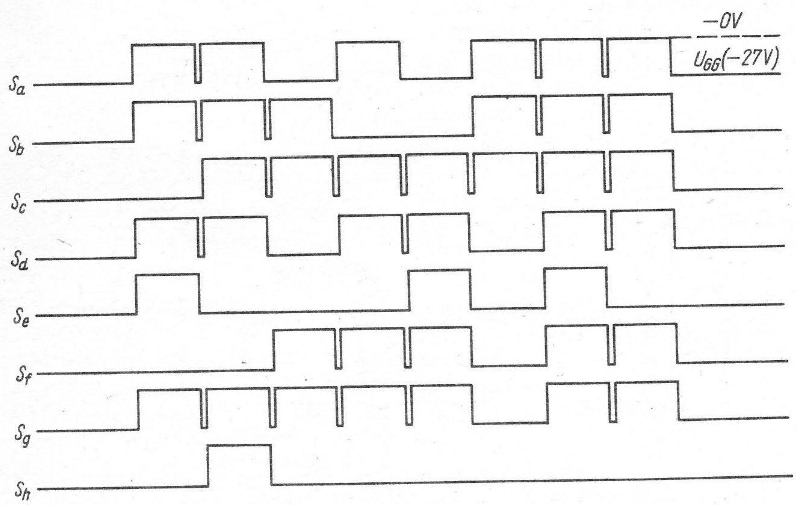
Rys. 2.4.4. Impulsy sterujące anody (segmenty a—h) dla liczby **2345678.9**



Rys. 2.4.6. Impulsy sterujące wybieranie cyfr (siatek lampy)



Rys. 2.4.5. Schemat ideowy kalkulatora z 9-cyfrowym wskaźnikiem fluorescencyjnym

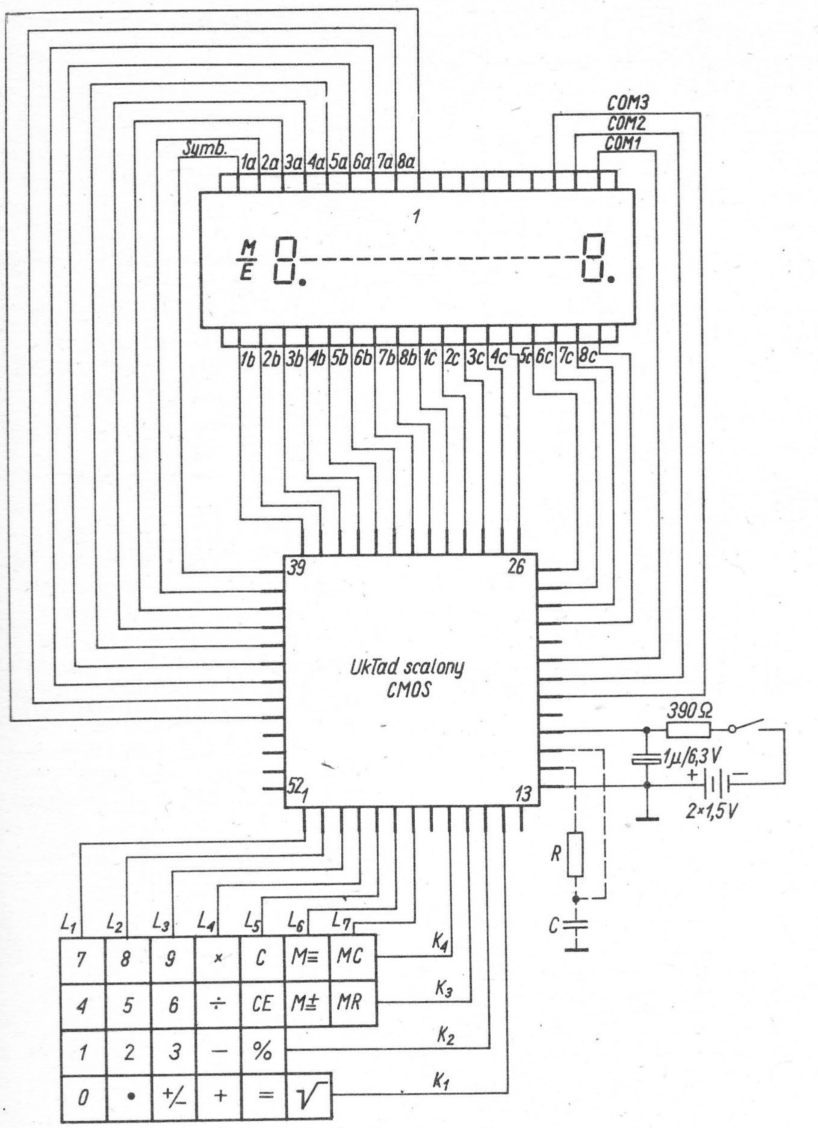


Rys. 2.4.7. Impulsy sterujące anody (segmenty a—h) dla liczby 23.456789

7) niesprawne kalkulatory przekazywać natychmiast do naprawy wyspecjalizowanym zakładom.

2.3.8 Testy kalkulatorowe

Rozpoczynając lub kończąc naprawę należy dokonać szybkiego obliczenia testowego, aby sprawdzić stan baterii, poprawność wprowadzania liczb oraz pracę struktury logicznej kalkulatora. Najpierw sprawdza się stan źródła zasilania. W tym celu wpisuje się na wszystkie pozycje wskaźnika cyfrę 8, przy której jest na ogół największy pobór prądu (wszystkie segmenty świecą). Jeśli bateria jest zużyta, to występuje wyraźny spadek jaskrawości z ewentualną sygnalizacją na wskaźniku, a po chwili nawet zanik świecenia. Następnie sprawdza się reakcję klawiatury i układu logicznego. Ich niesprawność objawia się niemożliwością wprowadzania lub wadliwą interpretacją liczb i rozkazów. Poniżej przedstawiono łatwe do zapamiętania szybkie testy sprawdzające wprowadzane liczby i pracę struktury logicznej kalkulatorów o wskaźniku ośmiocyfrowym i arytmetyce stałopozycyjnej.



Rys. 2.4.8. Schemat ideowy kalkulatora ze wskaźnikiem LCD
1 — wskaźnik LCD z efektem polowym

(*A*) 12345679 · 1,8 = 22222222. : 1,8 = = 12345678.
(*B*) 12345678 · 0,09 = 11111111 · 11111111 = 12345678. (sygnalizacja przepełnienia)
(*C*) 1,2345678 · 0,72 = = 0,8888888 · 11111111 = = 9876542,3
(*D*) 1,2345679 · 7,2 = 8,8888888

Test (*D*) służy jednocześnie do sprawdzenia stanu baterii. Szczegółowe testy pozostałych funkcji oraz operacji na pamięciach należy wykonać zgodnie z instrukcją obsługi kalkulatora.

2.4 Układy kalkulatorowe

W części tej przedstawiono typowe rozwiązania układowe popularnych kalkulatorów. Omówienie kalkulatorów wykonanych w technice bipolarnej dyskretnej (tranzystorowej) lub TTL, ze względu na przestarzałą technologię i zdecydowanie bardziej skomplikowany układ elektryczny, wykracza poza ramy niniejszej książki. Konstrukcja kalkulatorów o większym zakresie obliczeniowym pod względem połączeń zewnętrznych w zasadzie nie odbiega od rozwiązań opisanych minikalkulatorów.

2.4.1 Kalkulator LSI *p*-MOS ze wskaźnikiem LED

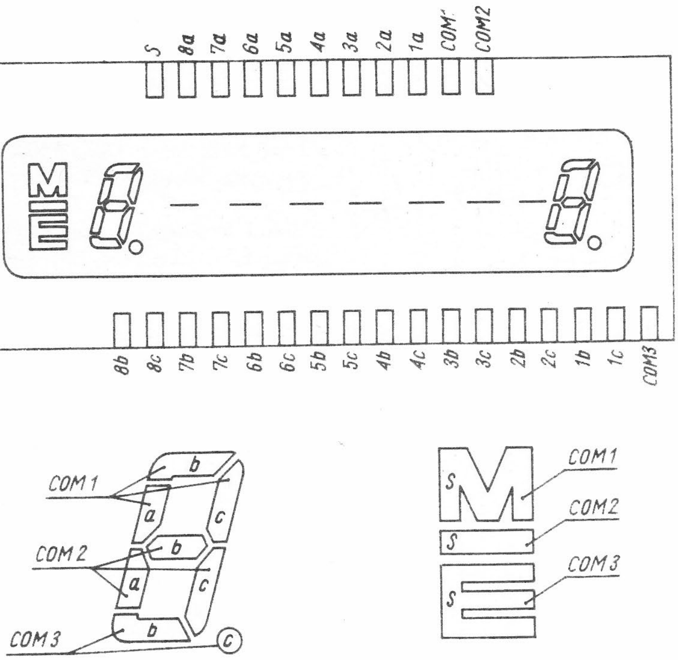
Układ logiczny kalkulatora jest zawarty w strukturze LSI wykonanej techniką *p*-MOS (rys. 2.4.1). Układ jest zasilany bezpośrednio z baterii (9 V) lub poprzez przetwornicę DC/DC o jednym napięciu wyjściowym. Pobór prądu przy napięciu 9 V w zależności od liczby wyświetlanych cyfr wynosi 20...50 mA. Wybieranie informacji z klawiatury i multipleksowanie wyświetlania odbywa się odpowiednio w liniach $K_1 \ldots K_3$, $D_1 \ldots D_9$ i $a \ldots h$. Na rysunkach 2.4.2 oraz 2.4.3 podano przebiegi czasowe wybierania informacji z klawiatury. Impulsy sterujące anody (segmenty $a \ldots h$) przy wyświetlaniu liczby 2345678,9 przedstawiono na rys. 2.4.4.

2.4.2 Kalkulator LSI *p*-MOS ze wskaźnikiem fluorescencyjnym

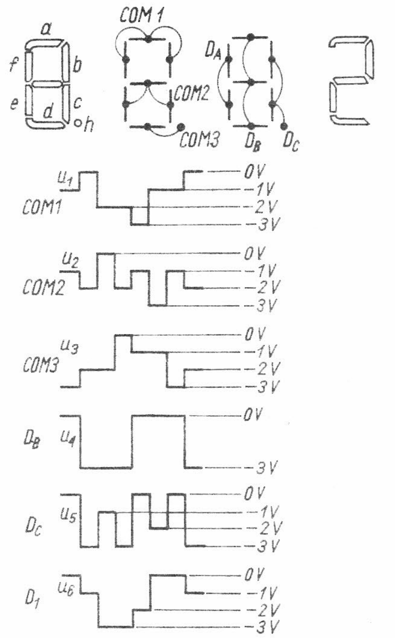
Układ kalkulatorowy LSI *p*-MOS oraz wskaźnik fluorescencyjny są zasilane z przetwornicy o trzech napięciach wyjściowych U_{GG}, U_{DD} oraz $U_ż$ (rys. 2.4.5). Wskaźnik jest sterowany bezpośrednio ze struktury *p*-MOS. Impulsy strobujące klawiatury i wybierania cyfr (siatki $G_1 \ldots G_9$) przedstawiono na rys. 2.4.6. Ciągi impulsów sterujących segmenty $a \ldots h$ (anody wskaźnika) dla liczby 23.456789 pokazano na rys. 2.4.7. Anody i siatki wskaźnika są zasilane poprzez drabinki rezystorów 100...300 kΩ. Obwód żarzenia jest zasilany potencjałem stałym poprzez diodę Zenera 4,7 V. Pobór prądu z baterii 3 V w zależności od typu wskaźnika wynosi 100...200 mA.

2.4.3 Kalkulator LSI CMOS ze wskaźnikiem LCD

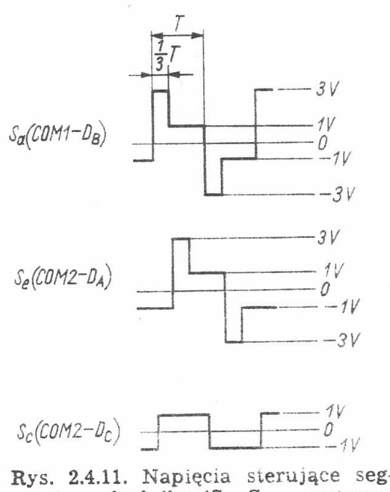
Struktura LSI CMOS jest zasilana bezpośrednio z dwóch baterii tlenkowo-srebrowych (2×1,5 V). Pobór prądu jest nie większy niż 70 μA w przypadku wyświetlania wszystkich



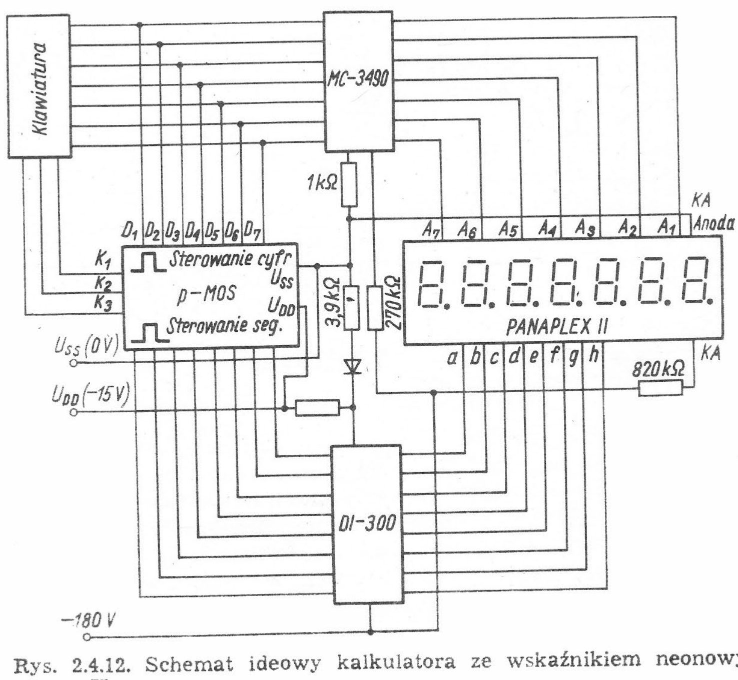
Rys. 2.4.9. Wskaźnik kalkulatorowy LCD typ RPVD-01 produkcji krajowej



Rys. 2.4.10. Impulsy sterujące wskaźnik LCD w przypadku wyświetlania cyfry 2



Rys. 2.4.11. Napięcia sterujące segmenty wskaźnika (S_a, S_e — segmenty włączone, S_c — segmenty wyłączone)



Rys. 2.4.12. Schemat ideowy kalkulatora ze wskaźnikiem neonowym Panaplex II

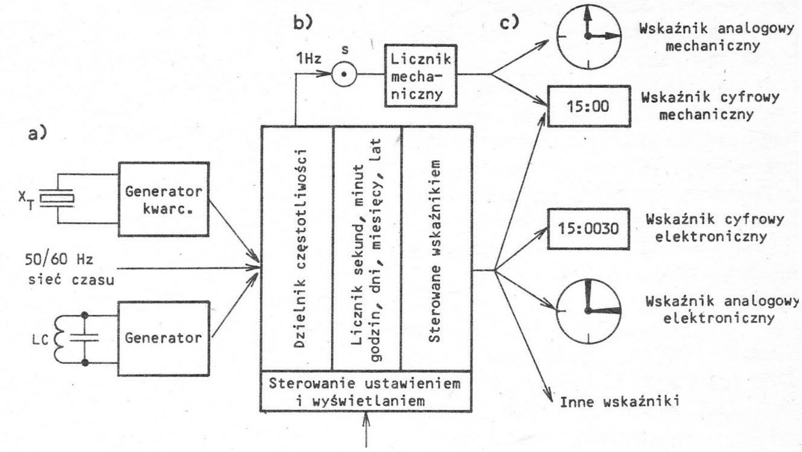
segmentów. Schemat ideowy typowego kalkulatora ze wskaźnikiem LCD pokazano na rys. 2.4.8. Częstotliwość impulsów zegarowych może być zaprogramowana na stałe lub dobrana za pomocą zewnętrznych elementów R, C. Ze względu na właściwości wskaźników LCD strobowanie klawiatury odbywa się niezależnie od układu wyświetlania w liniach $L_1 \ldots L_7$ oraz $K_1 \ldots K_4$. Wskaźnik LCD jest multipleksowany w trzech cyklach liniami COM1 ... COM3. Opis wskaźnika LCD typ PRVD-01 przedstawiono na rys. 2.4.9, a na rysunkach 2.4.10 i 2.4.11 — oscylogramy w przypadku wyświetlania cyfry 2.

2.4.4 Kalkulator ze wskaźnikiem PANAPLEX II

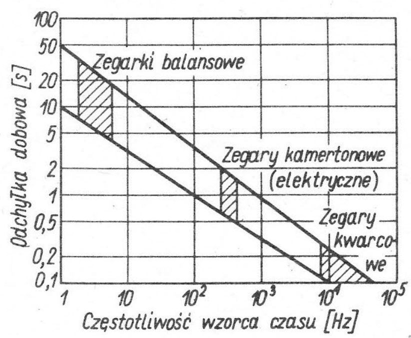
W kalkulatorze o schemacie przedstawionym na rys. 2.4.12 sterowanie wskaźnika Panaplex II odbywa się ze struktury p-MOS poprzez wzmacniacze separujące zasilane napięciem anodowym o wartości −180 V. W sterowaniu cyfr pośredniczy wzmacniacz anodowy, segmentów zaś — wzmacniacz katodowy.

3

Zegar elektroniczny



Rys. 3.0.1. Ogólna organizacja zegarka elektronicznego: a) wzorce czasu, b) licznik czasu i układy sterowania, c) wskaźniki czasu



Rys. 3.0.2. Zależność odchyłki dobowej od częstotliwości wzorca czasu

W zależności od wymaganej dokładności pomiaru czasu, sposobu wskazywania (analogowy, cyfrowy), przeznaczenia i warunków zasilania stosuje się różne rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne zegarów elektronicznych. Każdy zegar składa się z trzech podstawowych zespołów (rys. 3.0.1), którymi są: wzorzec czasu (wzorzec częstotliwości), licznik czasu wraz z układami sterowania oraz wskaźnik czasu. *Wzorcem czasu* może być oscylator ze stabilizacją kwarcową, samowzbudny generator *LC* ze sprzężeniem magnetycznym, częstotliwość sieci zasilającej (50 lub 60 Hz), impulsy sieci czasu, częstotliwość nośna fal radiowych lub zakodowane sygnały radiowe. *Licznik czasu* i *układy sterowania* zawierają dzielnik częstotliwości do 1 Hz, liczniki sekund, minut, godzin, dni tygodnia, dni miesięcy, lat oraz obwody ustawiania i wyświetlania czasu oraz sterowania wskaźnikiem.

Wskaźnik czasu może być analogowy (wskazówkowy), cyfrowy mechaniczny, cyfrowy elektroniczny lub analogowy elektroniczny. Dodatkowo mogą występować *układy korekcji czasu* (mechaniczne) oraz *układy stabilizacji* temperatury i napięć zasilających.

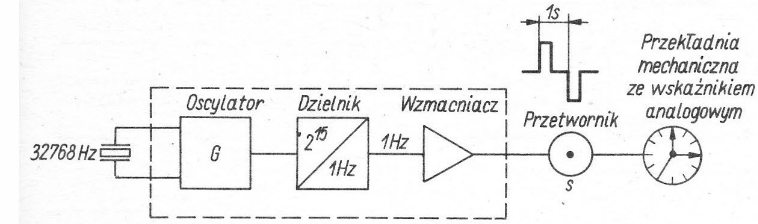
Istota pomiaru czasu polega na dzieleniu częstotliwości impulsów wzorca czasu do jednego cyklu na sekundę (1 Hz), zliczaniu tych impulsów za pomocą liczników mechanicznych (przekładni zębatych) lub elektronicznych i przedstawianiu wyniku na wskaźniku.

Dokładność pomiaru czasu zależy od rozdzielczości wskaźnika czasu oraz od częstotliwości i stabilności wzorca czasu. Zależność tę dla odchyłki dobowej przedstawiono na rys. 3.0.2.

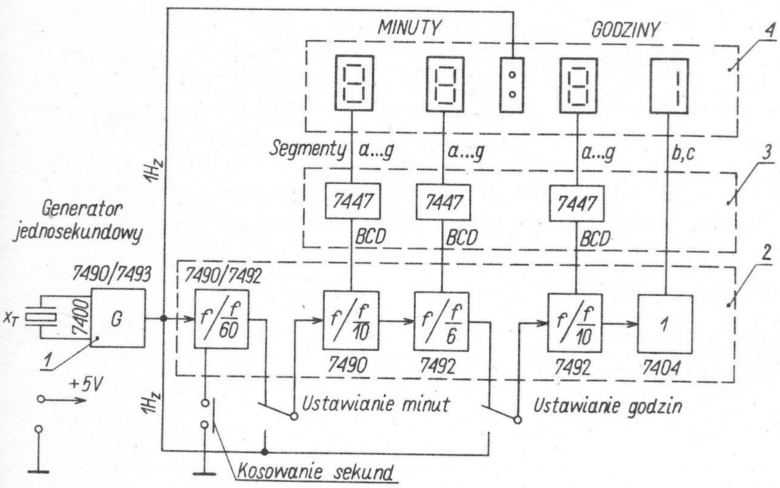
3.1 Zasada działania zegara elektronicznego

3.1.1 Analogowy zegar kwarcowy

Opanowanie technologii niskonapięciowych układów bipolarnych umożliwiło produkcję naręcznych zegarków ze stabilizacją kwarcową. Wytwarzane w oscylatorze kwarcowym drgania (np. o częstotliwości



Rys. 3.1.1. Schemat blokowy analogowego zegarka kwarcowego



Rys. 3.1.2. Schemat blokowy zegara kwarcowego zbudowanego z układów TTL

1 — generator kwarcowy z dzielnikiem, 2 — licznik, 3 — dekoder, 4 — wskaźnik siedmiosegmentowy

32768 Hz) po wzmocnieniu i odpowiednim uformowaniu przechodzą przez zespół przerzutników, w którym częstotliwość drgań jest dzielona aż do wartości 1 (1/2) Hz. Produkuje się również zegarki sterowane impulsami w odstępach co 5 sekund (zegarki bez sekundnika). Uzyskiwane w ten sposób impulsy sekundowe, po wzmocnieniu, sterują elektromechaniczny przetwornik ruchu, a po przetworzeniu na ruch krokowy napędzają następnie poprzez przekładnie mechaniczne (koła zębate) wskaźnik analogowy (rys. 3.1.1).

3.1.2 Zegar cyfrowy z układami bipolarnymi TTL serii 74

Technika TTL umożliwiła budowę stołowych zegarów kwarcowych ze wskaźnikiem cyfrowym. Zgodnie z ogólnym schematem (rys. 3.1.2) zegar taki składa się z generatora kwarcowego oraz zespołu dzielników (dekad), na wyjściu których są generowane impulsy o częstotliwości 1 Hz. Impulsy te są następnie zliczane w licznikach jednostek i dziesiątek sekund, minut i godzin. Jednocześnie też poprzez dekodery są sterowane poszczególne cyfry wskaźnika siedmiosegmentowego. Obwody dodatkowe służą do zasilania i ustawiania zegara.

3.1.3 Cyfrowy zegar stołowy z układem MOS

Jednymi z pierwszych układów wykonanych w technologii LSI *p*-MOS były układy scalone cyfrowych zegarów stołowych.

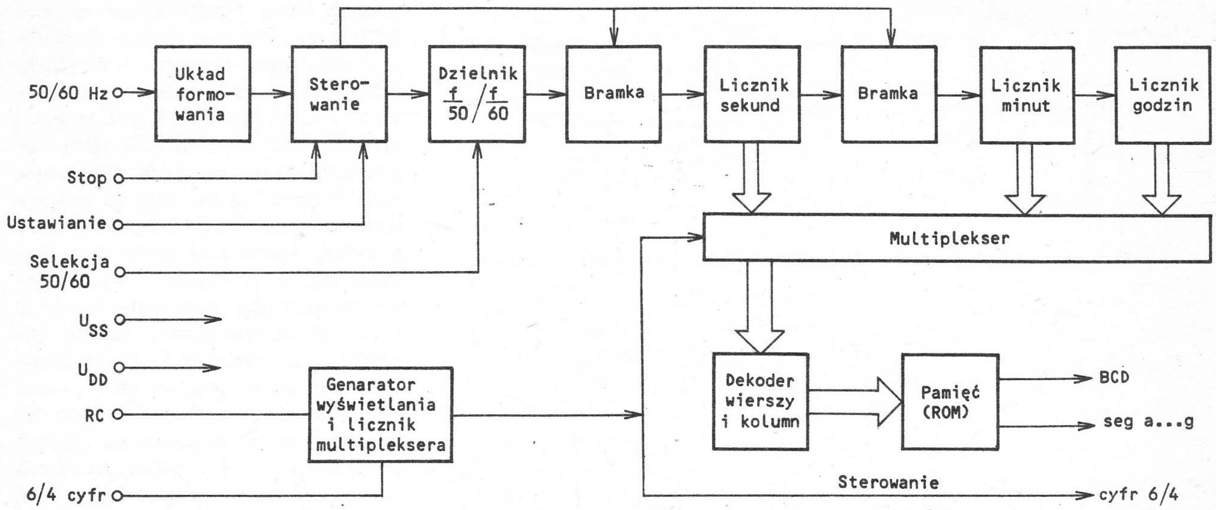
Schemat blokowy układu scalonego takiego zegara przedstawia rys. 3.1.3. Impulsy, o częstotliwości sieciowej 50 lub 60 Hz, po uformowaniu i podziale, są zliczane kolejno w licznikach sekund, minut i godzin. Stany poszczególnych liczników są jednocześnie multipleksowane i poprzez pamięć ROM przetwarzane na kod BCD oraz kod wskaźnika siedmiosegmentowego. Generator wyświetlania steruje multiplekser, częstotliwość multipleksowania jest bowiem większa niż częstotliwość sieci zasilającej. Stałą czasową generatora (*RC*) dobiera się zależnie od rodzaju wskaźnika. Na ogół zegar zawiera 4 cyfry, dodatkowo może być wyposażony w przełącznik wyświetlania sekundnika (wskazuje wtedy 6 cyfr), układ sygnalizacji zaniku napięcia sieciowego, wygaszania zbędnych zer przed jednostkami godzin, wyświetlanie w systemie 12- lub 24-godzinnym z sygnalizacją godzin porannych (AM) i popołudniowych (PM) oraz automatyczną lub ręczną regulację jasności świecenia.

W kolejnych rozwiązaniach zegarów stołowych pojawiły się budziki (ang. *alarm clock*) oraz układy sterujące włączenie i wyłączenie np. odbiornika radiowego. W zegarze takim (rys. 3.1.4) znajduje się dodatkowo całodobowy licznik alarmu (budzik), układ porównania stanów licznika bieżącego i licznika alarmu (komparator), modulowany generator akustyczny, układ ustawiania alarmu oraz układy sterujące włączenie urządzeń zewnętrznych. Może również występować dodatkowy licznik służący do ponownego włączenia sygnału budzenia po upływie 10 min (drzemka). Włączenie sygnału budzenia następuje w chwili, gdy wystąpi zrównanie stanów poszczególnych liczników zegara i alarmu. Zmiana stanu komparatora powoduje uruchomienie generatora akustycznego np. o częstotliwości ok. 1 kHz modulowanego impulsowo w odstępach sekundowych.

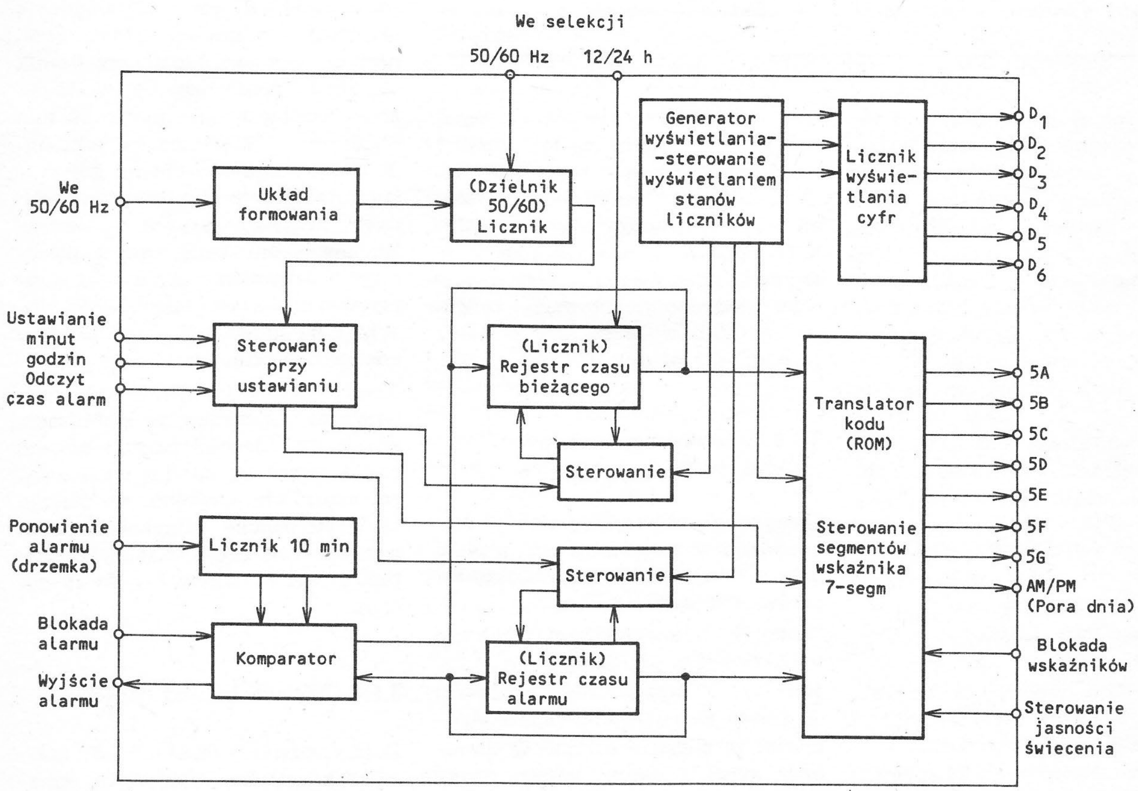
Zegary wyższej klasy mają wewnętrzne generatory ze stabilizacją kwarcową. Liczniki czasu i alarmu rozbudowane są do dni i miesięcy, co umożliwia dowolne, w zasięgu roku, sterowanie włączenia i wyłączenia odbiornika, czas włączenia jest z reguły limitowany do 10 godzin.

3.1.4 Cyfrowe zegarki naręczne

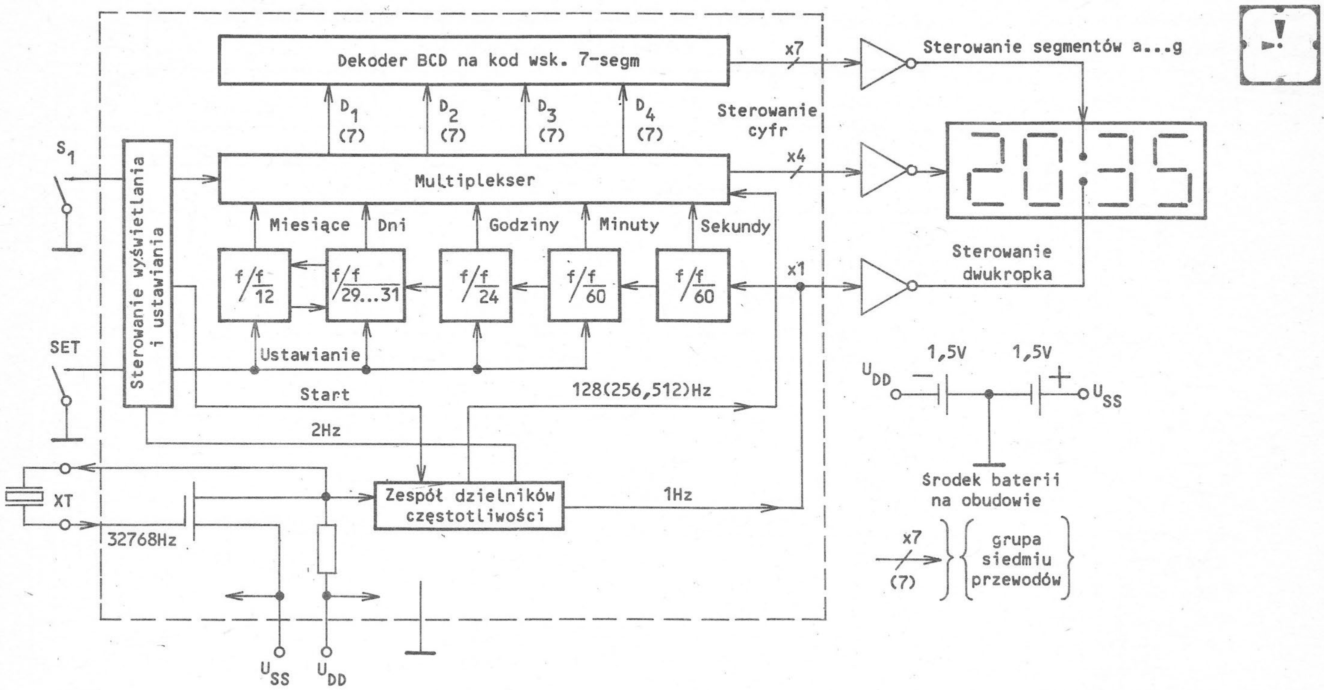
Dalszy rozwój technologii LSI umożliwił konstrukcję cyfrowych zegarków naręcznych. Podobnie jak zegary stołowe, zegarki naręczne prze-



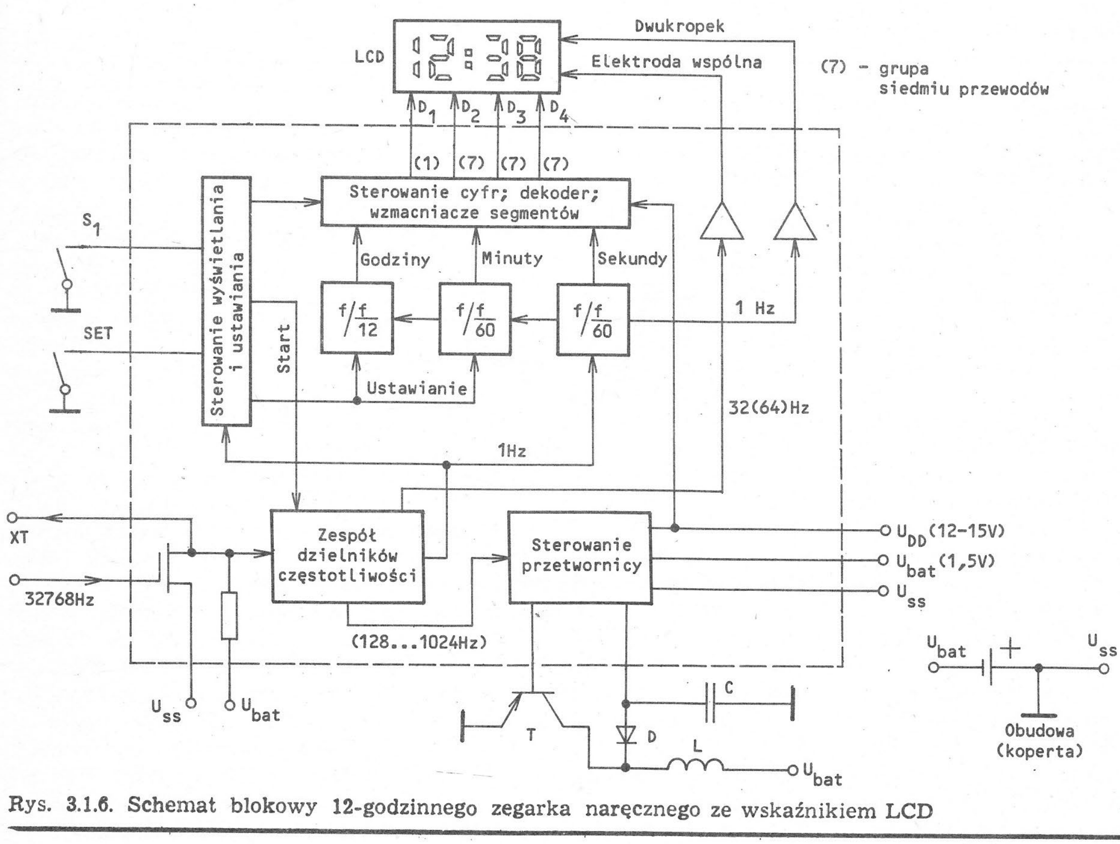
Rys. 3.1.3. Schemat blokowy zegarowego układu scalonego sterowanego częstotliwością sieci zasilającej



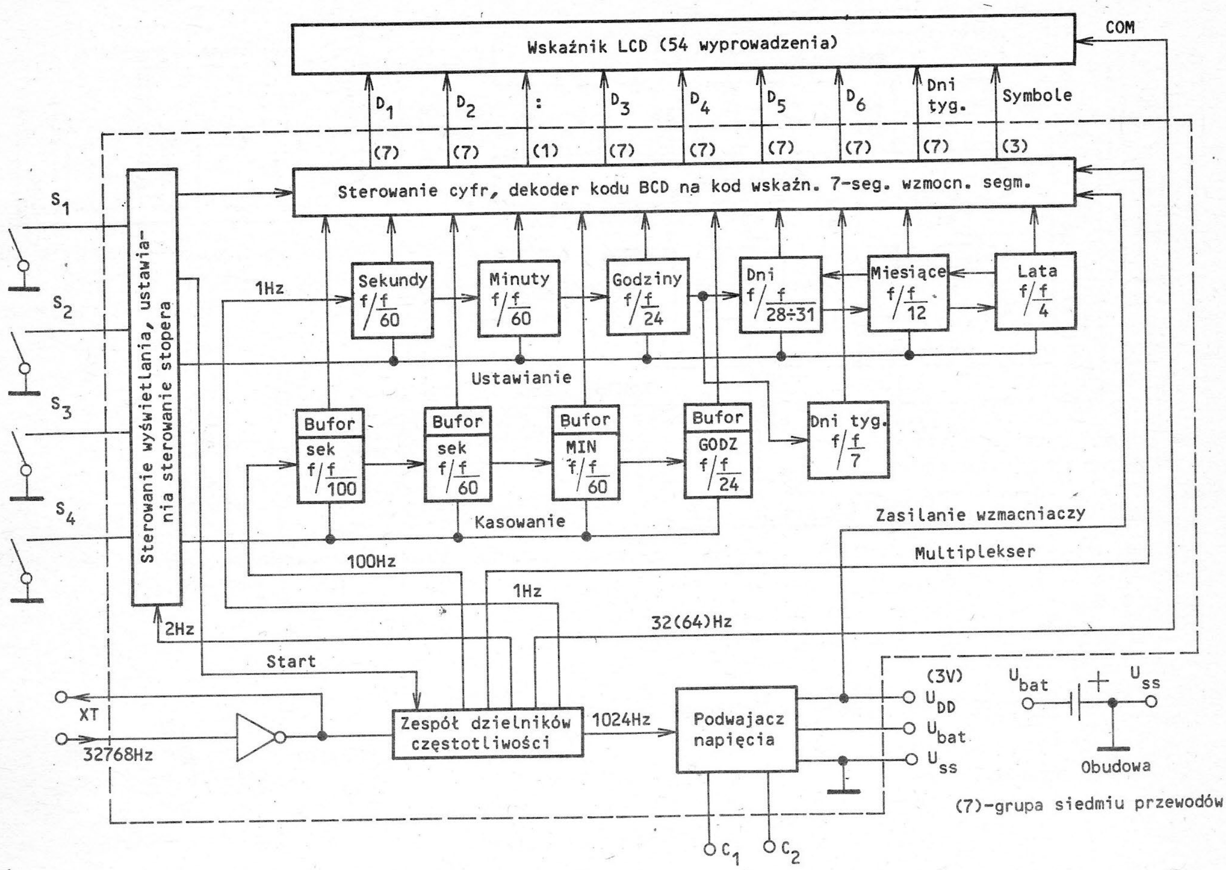
Rys. 3.1.4. Schemat blokowy układu scalonego zegara z budzikiem



Rys. 3.1.5. Schemat blokowy zegarka naręcznego ze wskaźnikiem LED



Rys. 3.1.6. Schemat blokowy 12-godzinnego zegarka naręcznego ze wskaźnikiem LCD



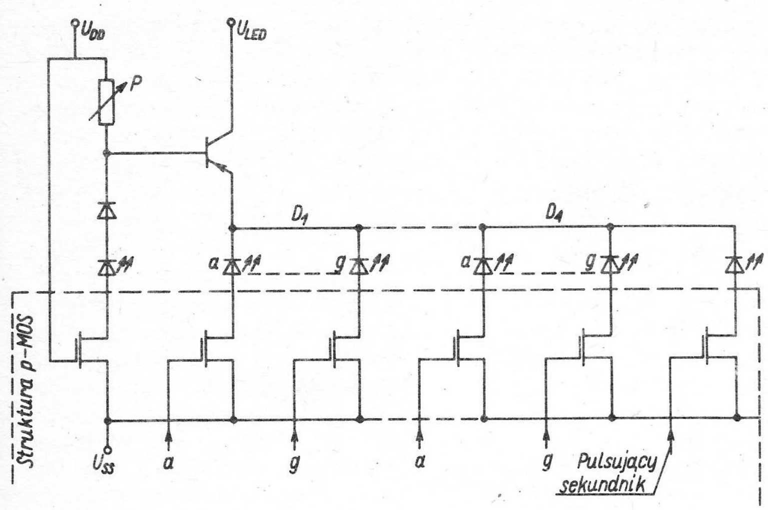
Rys. 3.1.7. Schemat blokowy zegarka ze stoperem i kalendarzem czteroletnim

chodziły ewolucję od najprostszych tj. bez datownika, z kalendarzem rocznym i czteroletnim, do konstrukcji z alarmem i stoperami, a także dodatkowymi funkcjami. Jako pierwsze wyprodukowano zegarki ze wskaźnikami z diod świecących (LED), które dla odczytania czasu wymagają włączenia wyświetlania. Schemat blokowy takiego zegarka z kalendarzem rocznym pokazano na rys. 3.1.5. Częstotliwość drgań oscylatora kwarcowego równa 32768 Hz, przyjęta jako standardowa w zegarkach naręcznych, jest dzielona do 1 Hz. Jednocześnie dzielnik ten jest źródłem impulsów służących do ustawiania i wyświetlania oraz sterowania multipleksera. Impulsy jednosekundowe są kolejno zliczane w licznikach sekund, minut, godzin, dni i miesięcy. W wyniku sprzężenia licznika miesięcy z licznikiem dni automatycznie następuje uwzględnienie zmiennej liczby dni w miesiącach w ciągu roku. W celu ograniczenia poboru prądu z baterii oraz zwiększenia skuteczności świecenia sterowanie siedmiosegmentowego wskaźnika LED odbywa się z multipleksera. Znaczny pobór prądu przez wskaźnik wymaga z reguły stosowania zewnętrznych bipolarnych wzmacniaczy sterujących. Przyciski *SET* i S_1 służą do ustawiania i sterowania wyświetlania. Zegarek jest zasilany z dwóch, połączonych szeregowo, baterii 1,5 V, których styk wspólny jest najczęściej połączony z kopertą zegarka. Pobór prądu przez strukturę *p*-MOS wynosi średnio 5...10 µA (prąd ciemny), w chwili wyświetlania jednak wzrasta do ok. 30 mA.

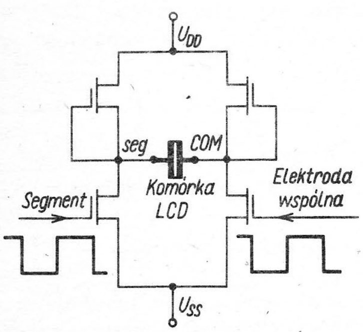
Należy wspomnieć, że początkowo produkowano również zegarki LED z rezonatorem 5 MHz, jednak ze względu na niewspółmierny koszt w stosunku do uzyskiwanej dokładności zrezygnowano z ich produkcji.

Wadami zegarka naręcznego ze wskaźnikiem LED są: zasilanie z dwóch stosunkowo dużych i ciężkich baterii, potrzeba częstej wymiany baterii, brak ciągłości wskazań (konieczność każdorazowego włączania wskaźnika), mały kontrast przy silnym oświetleniu. Wady te spowodowały zaniechanie produkcji zegarków ze wskaźnikiem LED na korzyść lekkich, zasilanych z jednej małej baterii, stale wskazujących, praktycznie bez poboru energii, o wzrastającym kontraście przy oświetleniu, zegarków ze wskaźnikiem ciekłokrystalicznym (LCD).

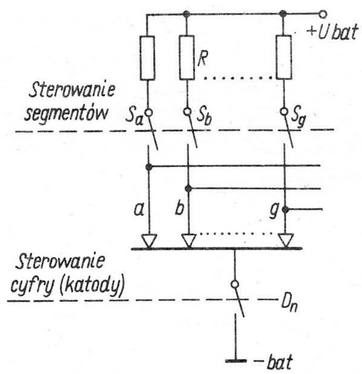
Pierwsze zegarki LCD zawierały wskaźniki z rozpraszaniem dynamicznym (rys. 3.1.6). Wymagane napięcie zasilania wskaźnika 12... ...15 V uzyskiwano w klasycznej miniaturowej przetwornicy. Sterowanie wskaźnika LCD, ze względu na jego właściwości częstotliwościowe, odbywa się równolegle. Dla zegara 12-godzinnego liczba wyprowadzeń wskaźnika wynosi 24 (1+21+ +1+1). Zegarek jest najczęściej zasilany z jednej baterii 1,5 V i pobiera prąd o wartości kilkanaście —



Rys. 3.2.1. Równoległe sterowania wskaźnika LED zegara stołowego



Rys. 3.2.2. Zasada sterowania segmentu (komórki) LCD



Rys. 3.2.3. Zasada sterowania siedmiosegmentowego wskaźnika LED w zegarku naręcznym

kilkadziesiąt mikroamperów. Wskaźniki z rozpraszaniem dynamicznym ze względu na ich szybkie starzenie, stosunkowo duży pobór prądu i mały kontrast, zostały praktycznie całkowicie wyparte przez nie mające tych wad wskaźniki LCD z efektem polowym.

Schemat blokowy zegarka naręcznego ze stoperem i kalendarzem czteroletnim pokazano na rys. 3.1.7. Wzbudzenie oscylatora kwarcowego uzyskuje się tu w układzie inwertera, który zapewnia lepszą stabilizację częstotliwości. Dzielnik jest dodatkowo źródłem impulsów 100 Hz dla stopera oraz sygnałem o częstotliwości 1024 Hz steruje podwajacz napięcia, zasilający obwody sterowania wskaźnika (kondensatory C_1, C_2 są dołączane z zewnątrz). Elektroda COM wskaźnika jest sterowana falą prostokątną np. o częstotliwości 32 lub 64 Hz. Stoper 24-godzinny ma pamięci buforowe, które umożliwiają jego ciągłą, niezależną od zegara pracę. Zegar zawiera dodatkowo licznik dni tygodnia. Sprzężenia między licznikami dni, miesięcy oraz lat zapewniają automatyczną korekcję zmian liczby dni w miesiącu w cyklu czteroletnim (uwzględnienie roku przestępnego).

Do sterowania wszystkich funkcji zegarka służą przyciski $S_1 \ldots S_4$. Częstotliwość 2 Hz służy do ustawiania czasu. Do zasilania zegarka stosuje się najczęściej jedną baterię tlenkowo-srebrową 1,55 V. Pobór prądu wynosi $2 \ldots 5$ µA. Z reguły występuje niezależny obwód zasilania żaróweczki oświetlającej wskaźnik LCD.

Zegarki naręczne z alarmem są zbudowane analogicznie do przedstawionego zegara stołowego z budzikiem. Jednotranzystorowy wzmacniacz sterujący przetwornik piezoelektryczny znajduje się na zewnątrz struktury CMOS.

3.2 Sterowanie wskaźników w zegarach elektronicznych

3.2.1 Równoległe sterowanie wskaźników

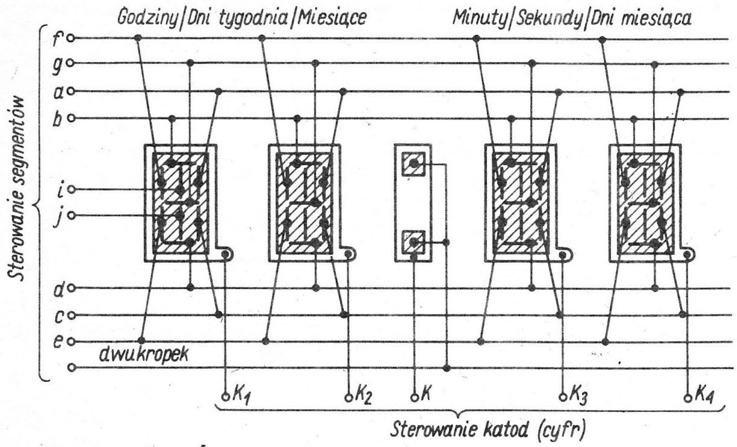
W przeciwieństwie do kalkulatorów w zegarach stołowych stosuje się zwykle równoległe sterowanie wskaźnika. Wynika to z liczby wyświetlanych cyfr (4 w zegarze 24-godzinnym, 3½ — w 12-godzinnym[1]) oraz w częstej współpracy zegara, zwłaszcza zasilanego z sieci, z odbiornikiem radiowym. Praca multipleksera byłaby bowiem przyczyną zakłóceń w pracy odbiornika radiowego.

Przykład równoległego sterowania wskaźnika LED przedstawiono na rys. 3.2.1. Zaletą tego rozwiązania jest prosta automatyczna lub ręczna regulacja jaskrawości świecenia wskaźnika w zależności od warunków oświetlenia. Analogicznie steruje się wskaźnik fluorescencyjny. Zasadę równoległego sterowania segmentu LCD wyjaśniono na rys. 3.2.2. Do elektrody wspólnej (COM) wskaźnika LCD jest doprowadzony sygnał prostokątny o częstotliwości 32 lub 64 Hz. Doprowadzenie do segmentu takiego samego sygnału, ale w przeciwfazie spowoduje „zaświecenie" segmentu, w fazie natomiast — jego „wygaszenie".

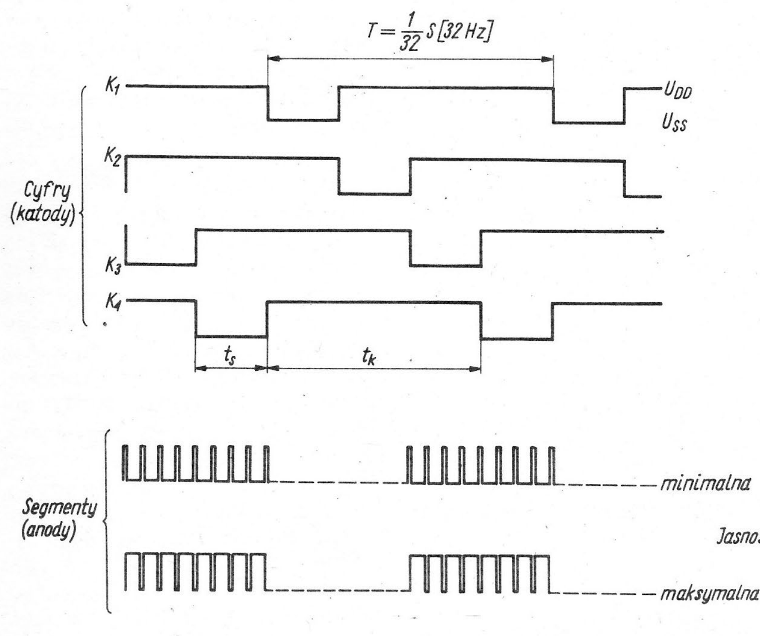
3.2.2 Multipleksowanie

Drugim rodzajem sterowania wskaźników jest sterowanie z rozdziałem czasowym (multipleksowanie). Zostanie to przedstawione na przykładzie sterowania monolitycznego wskaźnika LED zegarka naręcznego. Przedstawione na rys. 3.2.3 łączniki symbolizują kluczujące wzmacniacze sterowane z multipleksera. Kluczowane cyfry są włączane po

[1]) Przez ½ znaku rozumie się najwyższą pozycję wskaźnika, na której może wyświetlać się wyłącznie cyfra „1".



Rys. 3.2.4. Sposób łączenia do multipleksowania struktur LED w zegarku naręcznym



Rys. 3.2.5. Przebiegi impulsowe sterujące wskaźnikiem LED
t_k — **czas wyłączenia cyfry,** t_s — **czas świecenia cyfry**

kolei, jedna za drugą, D_1, D_2, D_3, D_4, D_1, D_2... itd., z taką szybkością, że obserwator ulega złudzeniu, że wszystkie cyfry świecą jednocześnie. Przy multipleksowaniu łączy się równolegle segmenty z poszczególnych cyfr, przez co liczba połączeń zmniejsza się do ok. 10. W chwili połączenia ujemnego bieguna baterii z określoną katodą następuje włączenie odpowiedniej kombinacji kluczy $S_a \ldots S_g$ (anod $a \ldots g$) i prąd z baterii powoduje świecenie wysterowanych segmentów. Rezystor R ogranicza prąd płynący przez segment.

Sposób połączenia struktur wskaźnika siedmiosegmentowego LED w zegarku naręcznym pokazano na rys. 3.2.4. W przypadku wyświetlania liter, np. dni tygodnia, wskaźnik siedmiosegmentowy zawiera dodatkowo segmenty i, j. Na rysunku 3.2.5 przedstawiono przebiegi napięć na katodach (cyfrach) i anodach (segmentach) przy sterowaniu z multipleksera. W zegarku krajowym typ DW 2005 przełączanie katod odbywa się z częstotliwością 128 Hz. Czas włączenia jednej z czterech katod wynosi ok. 0,3 okresu i następuje wtedy wysterowanie segmentów (4 impulsy). Zmianę jaskrawości uzyskuje się przez zmianę (rys. 3.2.5) współczynnika wypełnienia, a tym samym przez zmianę efektywnego czasu świecenia segmentów.

Sterowanie wskaźników fluorescencyjnych odbywa się na podobnej zasadzie. Wskaźniki LCD o więcej niż 24 segmentach steruje się również z rozdziałem czasowym. Jednak ze względu na właściwości kryształów sterowanie to jest bardziej złożone. Ostatnio stosuje się również multipleksowanie wskaźnikami LCD w zegarkach popularnych (wyprowadzenia po jednej stronie wskaźnika). Ogólne zasady sterowania wskaźników LCD omówiono w p. 2.2.5.

3.3 Podzespoły zegarów i zegarków elektronicznych

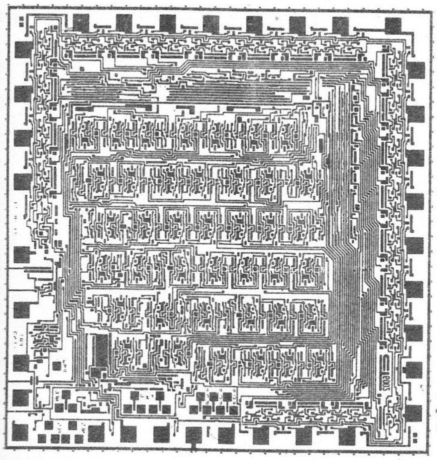
3.3.1 Struktura zegarowa

Pierwsze popularne konstrukcje zegarów stołowych realizowano z wykorzystaniem układów bipolarnych TTL. Produkcja układów LSI p-MOS umożliwiła zamknięcie całego układu funkcjonalnego zegara w jednej strukturze scalonej. Dość duży pobór mocy (15 V, 15 mA) był przyczyną stosowania tych układów wyłącznie do konstrukcji zegarów stołowych, zasilanych z sieci lub z akumulatora. Dopiero technologia CMOS umożliwiła konstrukcję zegarka naręcznego zasilanego z jednej baterii przez okres około roku. Moc pobierana przez strukturę CMOS wynosi bowiem ok. 10 μW.

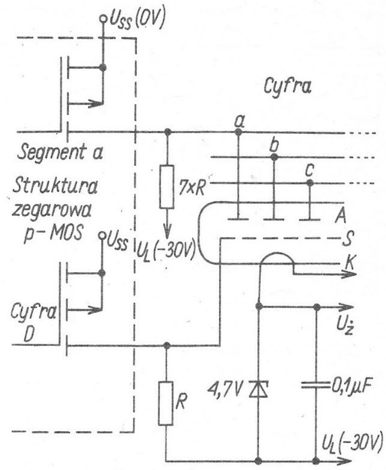
Na rysunku 3.3.1 przedstawiono widok struktury CMOS. Podstawowe pojęcia z zakresu technologii budowy takiej struktury omówiono przy opisie struktury kalkulatorowej.

3.3.2. Wzmacniacze sterujące

Wskaźniki ciekłokrystaliczne (LCD) i fluorescencyjne są na ogół sterowane bezpośrednio ze struktury, jak to opisano w części poświęconej kalkulatorom. Sterowanie wskaźnika



Rys. 3.3.1. Struktura CMOS zegara (widok z góry)



Rys. 3.3.2. Zasada sterowania wskaźnika fluorescencyjnego

Tablica 3.1 Parametry elektryczne i wymiary lampek wskaźnikowych

Typ lampy	U_z [V]	I_z [mA]	$U_{A-S_{PP}}$ [V]	$U_{A-K_{PP}}$ [V]	$I_{seg_{PP}}$ [mA]	$I_{s_{PP}}$ [mA]	P [mA]	ϕ [mm]	l [mm]
DG-8F	0,7	22	30	30	1,8	10	23	8	31
DG-8R	0,7	22	30	30	2,0	—	23	8	31
IW-3	0,85	50	50	50	2,0	12	—	10,8	36
IW-6	1,0	50	50	50	1,8	15	—	13	42,5

fluorescencyjnego wymaga zastosowania elementów zewnętrznych, jak to pokazano na rys. 3.3.2.

Na rysunku 3.3.3 przedstawiono cokoły spotykanych w kraju wskaźników fluorescencyjnych, a w tabl. 3.1 — ich parametry.

Do sterowania wskaźników z diod świecących LED w zegarach stołowych można stosować układy scalone (ITT 500, ITT 501) lub jednostopniowe wzmacniacze tranzystorowe *pnp-npn*. Sposób włączenia wzmacniaczy sterujących wskaźnik o wspólnej anodzie i katodzie przedstawiono na rys. 3.3.4 i 3.3.5. Większość struktur LED w zegarkach naręcznych jest sterowana scalonymi wzmacniaczami bipolarnymi *pnp-npn*. Konstrukcje i sposób zasilania wzmacniaczy sterujących stosowanych w zegarkach produkcji krajowej przedstawiono na rys. 3.3.6.

3.3.3 Wskaźniki cyfrowe typu LED

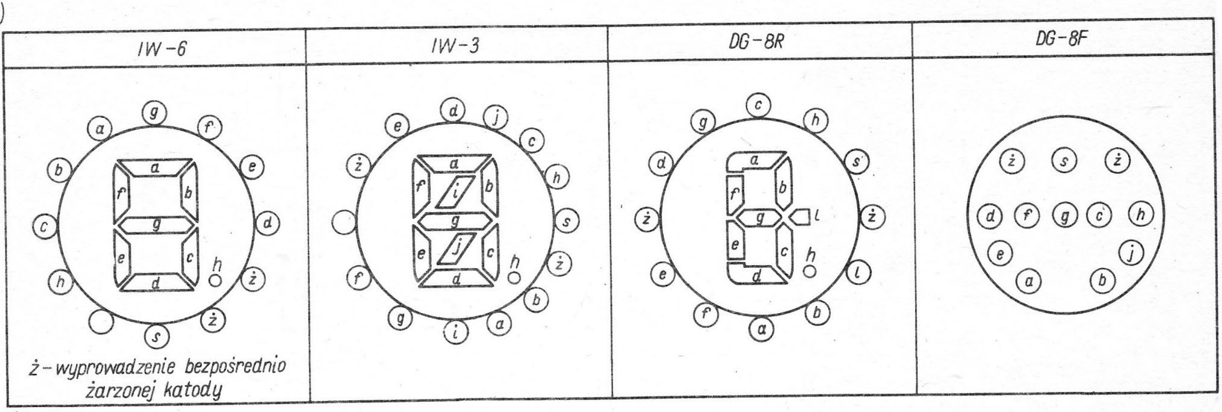
Właściwości fizyczne półprzewodnikowych diod elektroluminescencyjnych LED omówiono w rozdziale poświęconym kalkulatorom.

W naręcznych zegarkach elektronicznych stosuje się pojedyncze, monolityczne siedmiosegmentowe struktury LED montowane bezpośrednio na płytce podłożowej oraz wskaźniki zbudowane z tych struktur lub diod paskowych LED (rys. 3.3.7). Poszczególne segmenty są utworzone z paskowych struktur LED i osadzone na podłożu ceramicznym a ich wierzchnia część jest szczelnie pokryta przezroczystą żywicą. Na tylnej stronie podłoża znajdują się metalizowane kontakty. Połączenie wskaźnika z płytką podłożową zegarka najczęściej wykonuje się technologią klejenia lub lutowania przy użyciu pasty cynowo-ołowianej.

W zegarach stołowych o dużych cyfrach stosuje się światłowodowe konstrukcje siedmiosegmentowych wskaźników LED (rys. 3.3.8). Struktura LED jest przyklejona do izolacyjnego podłoża z laminatu bądź ceramiki lub jest umieszczona na specjalnym ażurze. Emisja promieniowania odbywa się jedynie w stożkowym kanale wypełnionym tworzywem (lub pustym) o właściwościach rozpraszania światła. Kanały (segmenty) są odizolowane świetlnie nieprzezroczystym materiałem obudowy. W części spodniej znajdują się kołkowe wyprowadzenia segmentów oraz wspólnej katody lub anody.

Impulsowy prąd przewodzenia wynosi 50...100 mA, a moc strat — 250...750 mW.

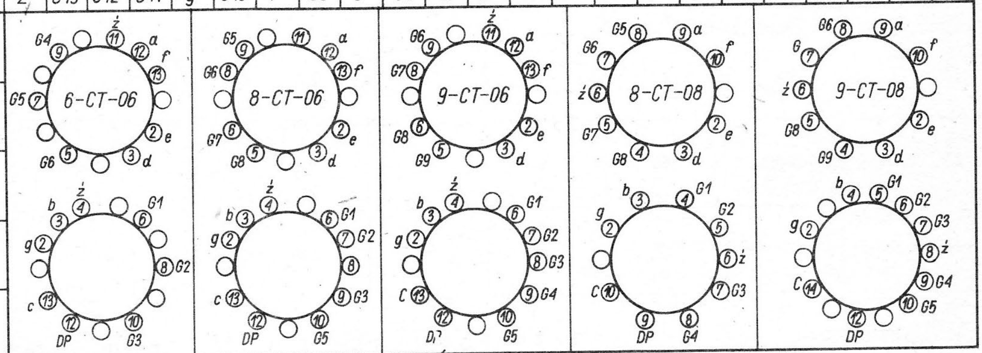
a)



b)

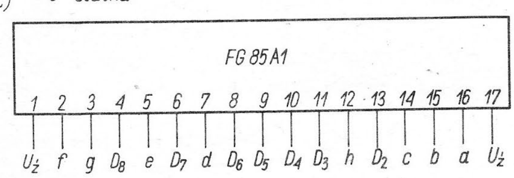
Typ	$U_{\dot{z}}$ (V)	$I_{\dot{z}}$ (mA)	Numer wyprowadzenia 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
9-BT-02 9-BT-02A	3.00	52	ż	g	G9	f	G8	e	G7	d	G6	DP	G5	G4	C	G3	b	G2	a	G1	ż				
11-BT-02	3.60	52	ż	G11	g	G10	f	G9	e	G8	d	G7	DP	G6	G5	C	G4	b	G3	a	G2	G1	ż		
13-BT-02	4.20	52	ż	G13	G12	g	G11	f	G10	e	G9	d	G8	DP	G7	G6	C	G5	b	G4	a	G3	G2	G1	ż
8-ST-02 8-ST-08	2.50 2.90	40 21	ż	G8	g	G7	f	G6	e	G5	d	G4	DP	G3	C	G2	b	G1	a	ż					
9-ST-02 9-ST-02A 9-ST-08	2.75 3.20	40 21	ż	G9	g	G8	f	G7	e	G6	d	G5	G4	DP	G3	C	G2	b	G1	a	ż				
13-ST-08	3.80	40	ż	G13	G12	G11	g	G10	f	G9	e	G8	d	G7	G6	DP	G5	C	G4	b	G3	a	G2	G1	ż

Typ	$U_{\dot{z}}$ (V)	$I_{\dot{z}}$ (mA)
6-CT-06	1.9	20
8-CT-06	2.4	20
9-CT-06	2.6	20
8-CT-08	2.7	21
9-CT-08	3.1	21



DP - przecinek a...f - segmenty (anody)
G - siatka

c)

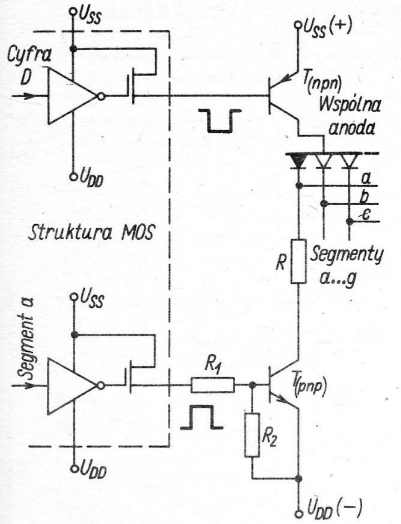


Rys. 3.3.3. Wyprowadzenia fluorescencyjnych wskaźników cyfrowych

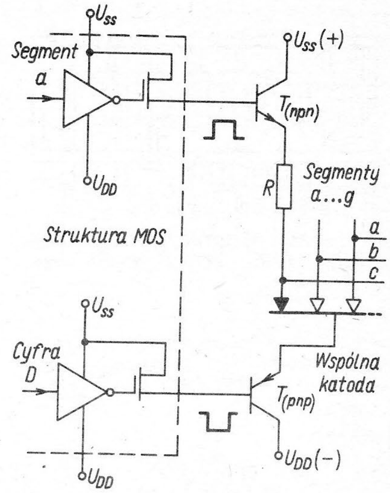
3.3.4 Wskaźniki zegarowe typu LCD

Właściwości fizyczne oraz budowę wskaźników ciekłokrystalicznych omówiono szczegółowo w punkcie 2.2.5.

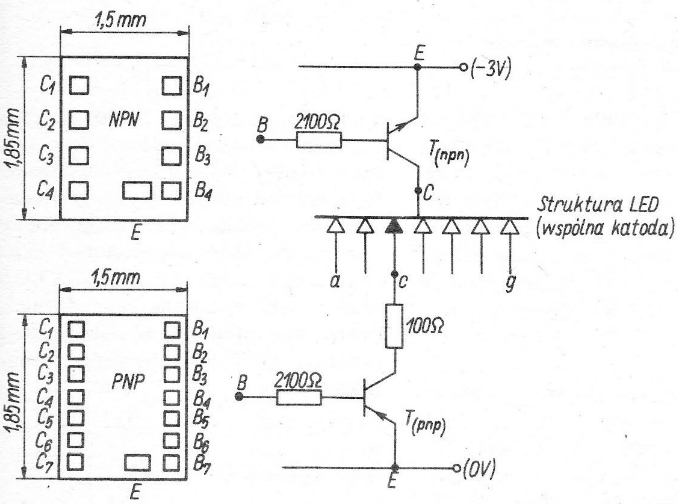
Kształt oraz rozkład pól kontaktowych wskaźnika LCD typu RPYD11 produkcji krajowej przedstawiono na rys. 3.3.9. Szczegół *a* stanowi rzut boczny zaślepienia (żywicą lub lutem) otworu, przez który wprowadzono ciekły kryształ. Połączenia segmentów z polami kontaktowymi są normalnie niewidoczne (przezroczyste). Wskaźnik jest przystosowany do sterowania równoległego, a elektroda COM jest wspólna dla wszystkich cyfr. Połączenie z układem dokonuje się poprzez przepusty z grupy przewodzącej (żebrokorektory). Zastosowany optyczny filtr odcinający promieniowanie świetlne o długości fali mniejszej niż 380 nm poprawia czytelność i kontrast wskaźnika. Rezystancja komórki LCD jest z reguły większa niż 50 MΩ. Ogranicza to pobór prądu przez wskaźnik do 2 μA (dla temperatury pokojowej). Podstawowe parametry wskaźnika podano w tabl. 3.2.



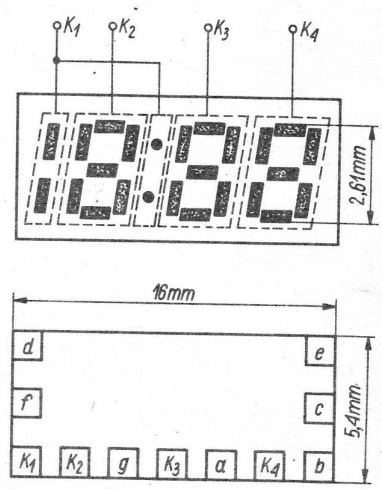
Rys. 3.3.4. Sterowanie wskaźnika LED o wspólnej anodzie



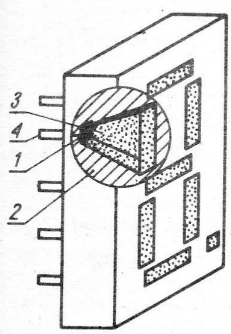
Rys. 3.3.5. Sterowanie wskaźnika LED o wspólnej katodzie



Rys. 3.3.6. Wzmacniacze monolityczne PNP i NPN stosowane w zegarkach naręcznych

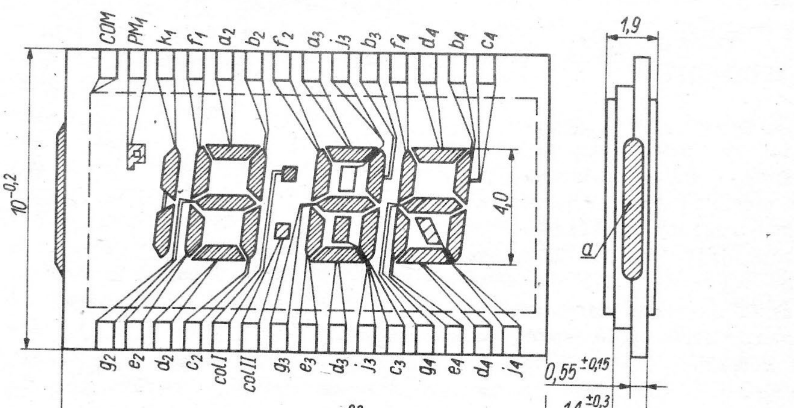


Rys. 3.3.7. Wskaźnik LED zbudowany z diod paskowych

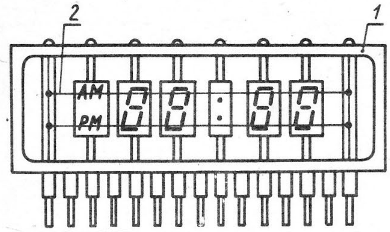


Rys. 3.3.8. Konstrukcja światłowodowa siedmiosegmentowego wskaźnika LED

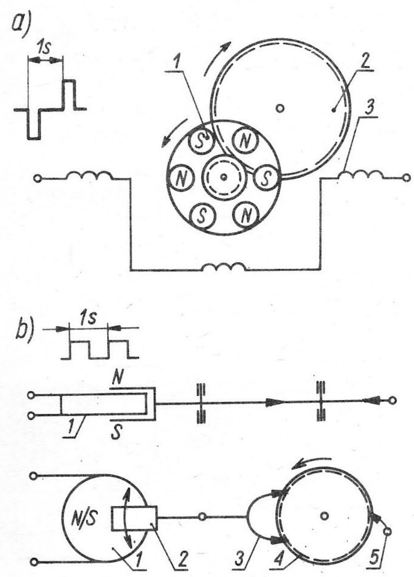
1 — struktura LED na ażurze przestrzennym, 2 — obudowa (nieprzezroczysta), 3 — stożkowy kanał światłowodowy, 4 — wyprowadzenia segmentów



Rys. 3.3.9. Wskaźnik LCD do zegarków naręcznych typu RPYD11 produkcji krajowej



Rys. 3.3.10. Czterocyfrowy płaski wskaźnik fluorescencyjny do zegarów stołowych



Rys. 3.3.11. Elektromechaniczny przetwornik ruchu: a) krokowo-obrotowy
1 — magnesik, 2 — przekładnie zębate, 3 — uzwojenie
b) kątowy
1 — cewka, 2 — magnes trwały, 3 — wychwyt, 4 — koło zębate, 5 — przeciwzapadka

Tablica 3.2 Charakterystyczne parametry wskaźnika ciekłokrystalicznego (dla temperatury 25°C)

Parametr	Wartość		
	minimalna	typowa	maksymalna
Amplituda prostokątnego napięcia sterującego [V]	2,7	3,0	5[1]
Dopuszczalne napięcie stałe [V]	—	0,0	7[1]
Częstotliwość napięcia sterującego [Hz]	25	32	100
Pobór prądu (wszystkie segmenty włączone) [μA]	—	0,2	1,2
Pojemność (wszystkie segmenty włączone) [pF]	—	200	1000
Czas zaniku [ms]	—	200	600
Czas zaniku w temperaturze 0°C [ms]	—	600	1500
Kontrast optyczny	—	5 : 1	20 : 1
Temperatura pracy [°C]	−10	+30	+60
Temperatura przechowywania [°C]	−25		+80
Trwałość (temp. 25°C [h]		50 000	

1) Chwilowy czas narażenia nie dłuższy niż 5 s.

3.3.5 Wskaźniki typu fluorescencyjnego

Wskaźniki te nadal znajdują zwolenników dzięki dużym, jasnym cyfrom i miłej, niebiesko-zielonej, nie męczącej wzroku, poświacie. Zasada działania wskaźnika została omówiona w punkcie 2.2.3. Produkuje się wskaźniki czterocyfrowe płaskie specjalnie do zastosowań w zegarach oraz pojedyncze okrągłe uniwersalne.
Wskaźniki czterocyfrowe mogą zawierać dodatkowe symbole (AM, PM, sygnalizacja alarmu). Są przystosowane do sterowania równoległego (wyprowadzenia po obu stronach) lub z multipleksera. Napięcie żarzenia wynosi najczęściej 2...4 V, pobór prądu ok. 40...100 mA. Napięcie anodowe w zależności od zastosowań wynosi 9...25 V. Przykład wskaźnika połączonego (wewnętrznie) do multipleksowania pokazano na rys. 3.3.10.

3.3.6 Krokowe przetworniki ruchu

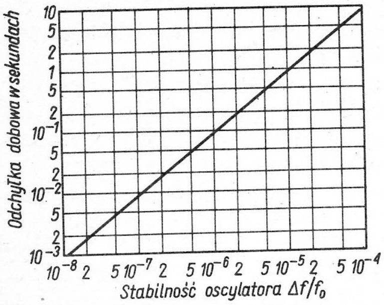
W elektromechanicznych przetwornikach ruchu następuje przetwarzanie energii impulsów elektrycznych o częstotliwości (najczęściej) jeden cykl na sekundę (1 Hz) na ruch obrotowo-krokowy. Dalszy pomiar czasu odbywa się mechanicznie, dzięki odpowiednim przełożeniom przekładni zębatych, jak w przypadku klasycznych zegarków. Ogólnie, przetworniki krokowe można podzielić na przetworniki wykonujące ruch obrotowy i kątowy. Przetwarzanie energii elektrycznej w ruch obrotowy następuje wskutek oddziaływania pola magnetycznego magnesu trwałego i pola wytworzonego przez cewkę. W zależności od konstrukcji przetwornika i jego sprawności wymaga się różnego kształtu impulsu sterującego. Na rysunku 3.3.11a przedstawiono przetwornik obrotowy zbudowany z trzech cewek nawiniętych na korpusie i połączonych szeregowo oraz z sześciu magnesów trwałych osadzonych na obwodzie koła zębatego. Prąd o zmieniającym się co sekundę kierunku oddziałuje na zmieniającą się biegunowość magnesików i powoduje obrotowo-krokowy ruch koła zębatego. Na rysunku 3.3.11b przedstawiono zasadę pracy przetwornika kątowego o konstrukcji podobnej do wychwytu zegarka mechanicznego.

3.3.7 Rezonatory kwarcowe

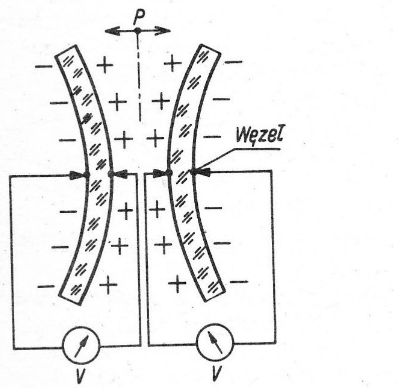
Wspólną cechą dokładnych zegarków elektronicznych jest stabilizacja częstotliwości ich oscylatora za pomocą rezonatora kwarcowego. Zegarki te popularnie nazywa się *kwarcowymi*. Dzięki właściwościom stabilizacyjnym rezonatorów uzyskano w zegarkach naręcznych dokładność $\pm\Delta f/f_0$ w przedziale 10^{-5}...10^{6}, co daje błąd w granicach jednej minuty na rok (rys. 3.3.12). Taka dokładność jest na co dzień praktycznie zupełnie wystarczająca (zegarki mechaniczne osiągają dokładność ok. sekundy na dobę).

3.3.7.1 Budowa i zasada działania rezonatora kwarcowego

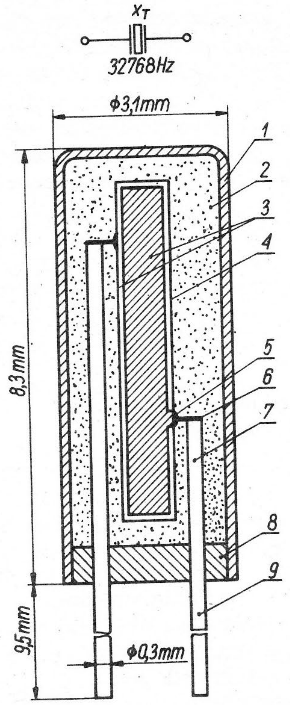
W działaniu rezonatora kwarcowego wykorzystuje się zjawisko piezoelektryczne. Polega ono na powsta-



Rys. 3.3.12. Zależność odchyłki dobowej od stabilności oscylatora

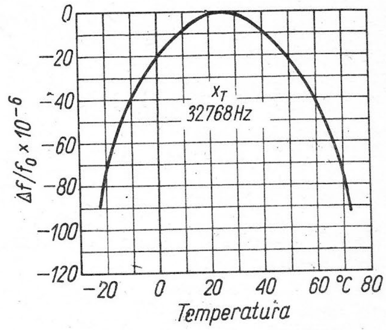


Rys. 3.3.13. Ilustracja zjawiska piezoelektrycznego

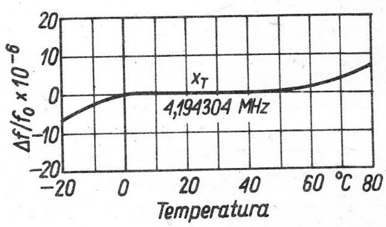


Rys. 3.3.14. Konstrukcja rezonatora kwarcowego

1 — hermetyczna obudowa, 2 — atmosfera ochronna, 3 — powierzchnia metalizowana (Al, Au), 4 — płytka piezoelektryczna (SiO_2), 5 — węzeł drgań (styk elektryczny), 6 — elektrody elastyczne, 7 — elektrody miedziane, 8 — przepusty (szklano-ceramiczne), 9 — przewody doprowadzające



Rys. 3.3.15. Typowa charakterystyka temperaturowa rezonatora kwarcowego 32768 Hz (DT38)



Rys. 3.3.16. Typowa charakterystyka temperaturowa rezonatora 4,19 MHz

waniu na powierzchni kwarcu (SiO_2 w postaci krystalicznej) ładunków elektrycznych pod wpływem naprężeń mechanicznych i odwrotnie — na powstawaniu naprężeń mechanicznych (drgania) pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego (rys. 3.3.13). Częstotliwość drgań rezonatora kwarcowego pobudzonego zmiennym polem elektrycznym zależy od wymiarów płytki kwarcowej i kierunku, z jakiego ją wycięto z kryształu w stosunku do jego osi krystalograficznej, a także sposobu i kierunku powstawania naprężeń.

Stałość wymiarów płytki krzemowej zapewnia długookresową stabilność częstotliwości rezonatorów kwarcowych. Praktycznie stosuje się rezonatory o częstotliwościach 50 Hz ... ... 200 MHz.

Rezonator kwarcowy (rys. 3.3.14) stanowi obrobiona mechanicznie, a następnie wytrawiona chemicznie płytka kwarcowa, pokryta obustronnie, np. przez naparowanie, warstwą metalu (Au, Ag) i osadzona na dwóch elastycznych elektrodach (ϕ 0,1 mm) połączonych w węzłach drgań. Całość znajduje się w atmosferze ochronnej, np. azotu pod niskim ciśnieniem, w hermetycznej obudowie z metalu, szkła, ceramiki lub kombinacji tych materiałów.

Węzły drgań podczas oscylacji płytki kwarcowej znajdują się w spoczynku i przez nie doprowadza się energię elektryczną z obwodu generatora. Atmosfera ochronna przeciwdziała procesom starzenia i zmniejsza opory drgań, które przy ciśnieniu normalnym uniemożliwiałyby wzbudzenie rezonatora.

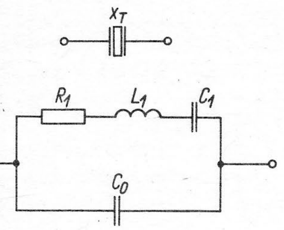
3.3.7.2 Znamionowa częstotliwość pracy rezonatorów kwarcowych

W zegarkach naręcznych stosuje się rezonatory kwarcowe o częstotliwości 32768 Hz, tj. 2^{15} Hz. Jest to najmniejsza, z powodów zarówno technologicznych, jak i ekonomicznych, częstotliwość rezonatora kwarcowego, przy której osiąga się stabilność względną $0{,}5 \cdot 10^{-6}$, co daje odchyłkę dobową $\pm 0{,}5$ s przy pracy w zakresie temperatur otoczenia.

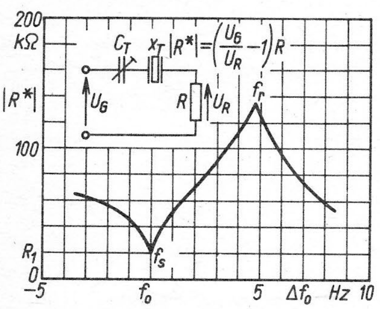
Rezonatory o częstotliwościach: 4,194304 MHz (2^{22} Hz), 2,097152 MHz (2^{21} Hz), 6,5536 MHz ($10^2 \cdot 2^{16}$ Hz), 100 kHz, 5 MHz itp. stosuje się głównie w zegarach stołowych i samochodowych, tj. tam, gdzie wymaga się większej dokładności w szerokim zakresie temperatur.

3.3.7.3 Zależność częstotliwości pracy rezonatora od temperatury

Wartość temperaturowego współczynnika częstotliwości rezonatora $(\Delta f/f_0)/T$ zależy od kierunku, z jakiego wycięto płytkę kwarcową, zakresu częstotliwości, kierunku powstawania naprężeń i sposobu wytwarzania (współczynniki temperaturowe takich samych typów rezonatorów produkcji różnych firm wykazują znaczne różnice). Rezonatory do zegarków naręcznych o częstotliwości 32768 Hz, dzięki zabie-



Rys. 3.3.17. Elektryczny układ zastępczy rezonatora



Rys 3.3.18. Rezonans szeregowy i równoległy rezonatora kwarcowego

gom technologicznym, mają charakterystykę temperaturową o przebiegu parabolicznym z wierzchołkiem dla $\Delta f = 0$ Hz i $T = 27 \pm 3°C$ (rys. 3.3.15). Zerowa wartość temperaturowego współczynnika częstotliwości w temperaturze zbliżonej do temperatury pracy zegarka (temperatura zegarka jest zawsze niższa od temperatury ciała ludzkiego wskutek wymiany ciepła z otoczeniem) zapewnia wymaganą stabilność częstotliwości rezonatora. Eksploatując zegarek należy pamiętać, że zarówno przechłodzenie jak i przegrzanie powoduje znaczne krótkookresowe zmniejszenie częstotliwości rezonatora (spóźnianie się zegarka). Rezonatory o większych częstotliwościach mają z reguły płaską charakterystykę w zakresie temperatur otoczenia (rys. 3.3.16), co praktycznie czyni je mniej wrażliwymi na zmiany temperatury. W zegarach wzorcowych, by ograniczyć do minimum wpływ zmian temperatury otoczenia, generator wraz z rezonatorem kwarcowym umieszcza się w termostacie.

3.3.7.4 Starzenie rezonatorów kwarcowych

W okresie do roku po wyprodukowaniu, w wyniku procesów starzenia, częstotliwość generatorów kwarcowych ulega znacznym zmianom. W pierwszych miesiącach względne zmiany częstotliwości ($\Delta f/f_0$) dochodzą do $15 \cdot 10^{-6}$. Aby przyspieszyć procesy starzenia producenci rezonatorów przeprowadzają sztuczne starzenie w podwyższonej temperaturze. Z tej też przyczyny w obwodzie rezonatora montuje się kondensator dostrojczy, zwany trymerem, umożliwiający okresową kompensację dalszych procesów starzenia.

3.3.7.5 Odporność rezonatorów kwarcowych na udary

Do istotnych wad rezonatorów należy ich nieodporność na udary. Upadek zegarka na twarde podłoże z wysokości ponad 1 m kończy się najczęściej trwałym uszkodzeniem rezonatora (zerwanie elektrod) lub znacznym (kilka herców) jego przestrojeniem. Względne przestrojenie rezonatora 32768 Hz przy spadku z wysokości 1,5 m na twarde podłoże nie powinno być większe niż $\pm 5 \cdot 10^{-6}$. Rezonatory produkowane obecnie charakteryzują się małymi gabarytami i małą masą (do 200 mg), a więc są bardziej odporne na udary.

3.3.7.6 Poziom wysterowania rezonatora

Częstotliwość rezonatora zależy również od amplitudy jego drgań, tym samym od doprowadzonej mocy. Podawana w katalogach wartość mocy prądu zmiennego (w μW) doprowadzanej do rezonatora i wydzielanej na nim, jest zarazem wartością optymalną, ze względu na jego parametry częstotliwościowe. Znaczne przekroczenie tej mocy powoduje najczęściej nieodwracalne uszkodzenie rezonatora. Dla przykładu poziom wysterowania rezonatorów 32768 Hz (DT-38) nie powinien przekraczać 1 μW.

Spadek napięcia baterii o ok. 0,5 V w zegarku ze wskaźnikiem LED powoduje zmniejszenie częstotliwości rezonatora o ok. 1 Hz. Stabilizacja punktu pracy rezonatora (stabilizacja zasilania) w zegarkach LCD zapewnia więc większą dokładność.

3.3.7.7 Schemat zastępczy rezonatora

Statycznie rezonator kwarcowy reprezentuje jedynie pewną pojemność C_0 wynikającą z jego konstrukcji (pojemność C_0 rezonatorów stosowanych w zegarkach naręcznych nie przekracza 2 pF). Drgająca natomiast płytka kwarcowa w wyniku zjawiska piezoelektrycznego stanowi obwód elektryczny (rys. 3.3.17) złożony z rezystancji R_1, charakteryzującej podatność rezonatora na wzbudzenie, oraz indukcyjności L_1 i pojemności C_1, C_0 tworzących obwód rezonansowy. Obwód taki ma dwie charakterystyczne częstotliwości rezonansowe, tj. częstotliwość rezonansu szeregowego f_s i równoległego f_r, różniące się o kilka — kilkanaście herców. Częstotliwości te można wyznaczać w układzie jak na rys. 3.3.18. Wzbudzenie rezonatora na częstotliwości rezonansu szeregowego f_s wystąpi, jeśli reaktancja indukcyjna ωL_1 i pojemnościowa $1/\omega C_1$ są sobie równe, co odpowiada rezonansowi mechanicznemu płytki kwarcowej $f_0 = f_s$. Rezonans równoległy f_r zachodzi przy równych reaktancjach gałęzi L_1, C_1 i gałęzi C_0.

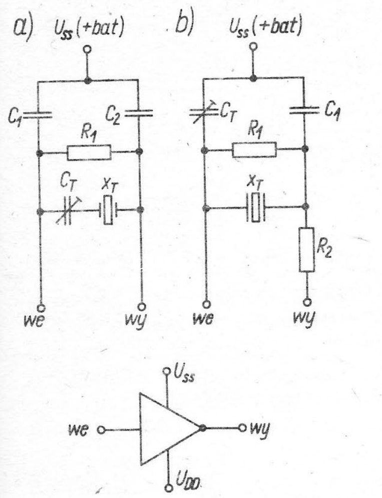
Dobroć rezonatora Q, liczbowo równa stosunkowi reaktancji (ωL_1) rezonansu szeregowego do rezystancji R_1, wyraża zdolność rezonatora do odtłumiania obwodu w rezonansie i praktycznie dla rezonatora DT-38 może wynosić aż ok. 100000.

Parametrem podawanym w katalogach jest także rezystancja skuteczna R_s w przybliżeniu równa rezystancji szeregowej R_1. Charakteryzuje ona podatność na wzbudzenie rezonatora. Im mniejsza jest wartość R_s dla f_s i im większa dla f_r, tym rezonator łatwiej ulega wzbudzeniu — dla DT-38, $R_s = 30 \ldots 40$ kΩ.

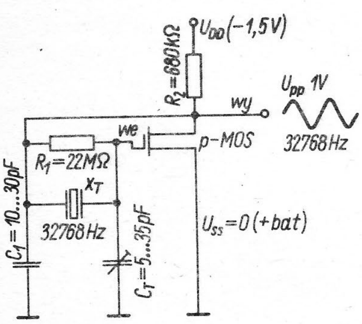
3.3.7.8 Generatory kwarcowe i ich przestrajanie

Generator kwarcowy składa się ze wzmacniacza i obwodu dodatniego sprzężenia zwrotnego, który zawiera elementy RC i rezonator kwarcowy. Wzbudzenie rezonatora na częstotliwości rezonansu szeregowego lub równoległego zależy od sposobu jego włączenia (rys. 3.3.19). Na rysunkach 3.3.20, 3.3.21 i 3.3.22 przedstawiono rozwiązania praktyczne układów generatorów kwarcowych.

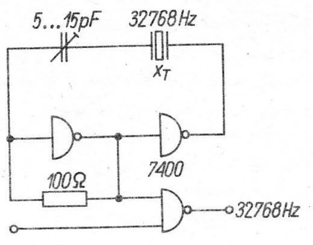
W zegarkach naręcznych stosuje się wyłącznie układy rezonansu równoległego (kondensator dostrojczy —



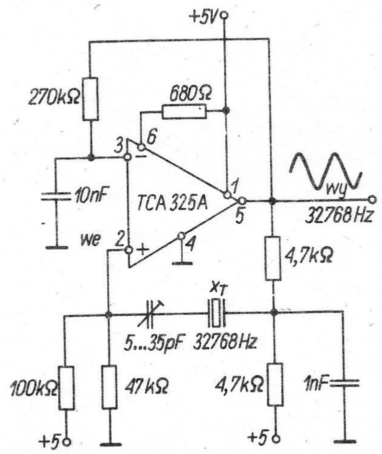
Rys. 3.3.19. Sposób przyłączenia rezonatora do obwodu wzmacniacza



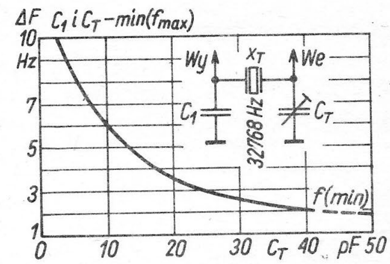
Rys. 3.3.20. Tranzystorowy generator kwarcowy 32768 Hz



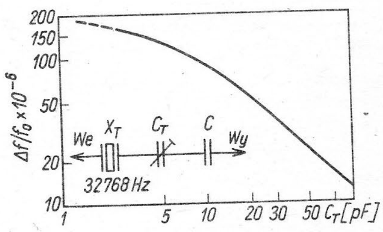
Rys. 3.3.21. Generator kwarcowy TTL



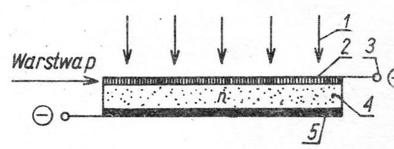
Rys. 3.3.22. Generator kwarcowy ze wzmacniaczem operacyjnym



Rys. 3.3.23. Typowa charakterystyka przestrojenia generatora kwarcowego w zegarku naręcznym



Rys. 3.3 24. Typowa charakterystyka przestrojenia generatora kwarcowego pracującego przy rezonansie szeregowym 32768 Hz



Rys. 3.3.25. Zasada działania ogniwa słonecznego

1 — padające światło, 2 — cienka siateczka lub przezroczysta metalizacja, 3 — biegun dodatni, 4 — płytka krzemowa typu n, 5 — metalizacja

trymer — połączony z dodatnim biegunem baterii). Obwód drgający składa się z pojemności C_1 i C_T dołączonych równolegle do rezonatora (XT) tworząc konfigurację typu π (rys. 3.3.19b, 3.3.20). Pojemności C_1 i C_T można zmieniać praktycznie w granicach 5...40 pF, co powoduje przestrojenie generatora maksymalnie o 10 Hz. Na rysunkach 3.3.23 i 3.3.24 przedstawiono typowe charakterystyki przestrojenia generatora w przypadku rezonansu szeregowego i równoległego.

3.3.8 Ogniwa słoneczne

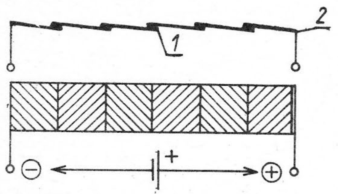
Ogniwo słoneczne jest półprzewodnikowym przetwornikiem energii promieniowania słonecznego na prąd elektryczny. Przetwornikiem takim jest złącze *p—n* wykonane w krzemie lub arsenku galu (rys. 3.3.25). W zależności od technologii wykonania złącza i czystości materiałów wyjściowych uzyskuje się baterię słoneczną o sprawności 5...10% dla krzemu polikrystalicznego i do 20% dla arsenku galu.

W celu uzyskania odpowiedniej mocy, zależnej od powierzchni, poszczególne ogniwa łączy się szeregowo i równolegle. Konstrukcję baterii słonecznej, składającej się z sześciu ogniw połączonych szeregowo pokazano na rys. 3.3.26.

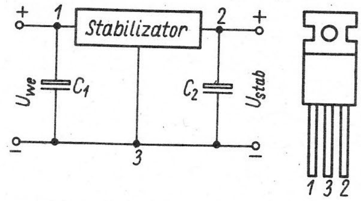
Baterie słoneczne, stosowane w zegarkach elektronicznych oświetlone żarówką z odległości kilkunastu centymetrów i obciążone baterią srebrowo-tlenkową, są źródłem prądu o wydajności kilka.. kilkanaście mikroamperów W naszej szerokości geograficznej wydajność baterii słonecznych stosowanych w popularnych zegarkach jest zbyt mała i praktycznie nie przedłuża jej żywotności. Taki sposób ładowania jest ponadto często przyczyną wycieku elektrolitu, który powoduje korozję styku i przyczynia się do samowyładowania baterii.

3.3.9 Piezoelektryczne przetworniki akustyczne

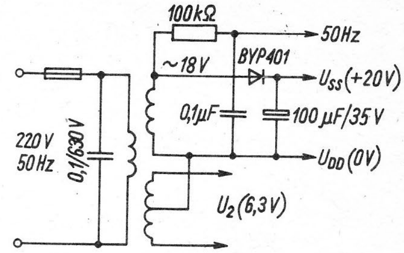
Przetwornik piezoelektryczny (zjawisko piezoelektryczne omówiono w p. 3.3.7.1) stanowi metalowa mosiężna okrągła płytka z naniesioną centralnie warstwą materiału piezoelektrycznego i pokryta cienką powłoką srebra (rys. 3.3.27). Sterowanie takiego przetwornika odbywa się poprzez jednostopniowy wzmacniacz tranzystorowy (tranzystor bipolarny), w którego obwód kolektorowy



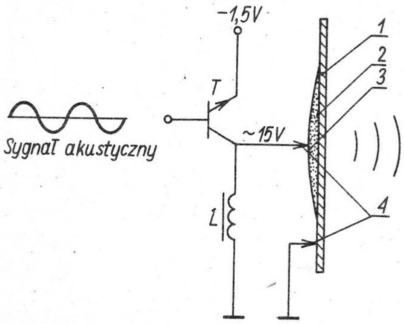
Rys. 3.3.26. Konstrukcja baterii słonecznej
1 — klej przewodzący, 2 — metalizacja



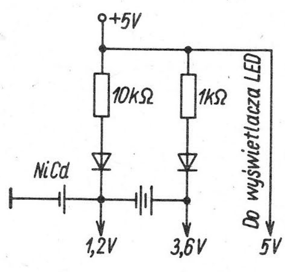
Rys. 3.3.29. Stabilizator scalony



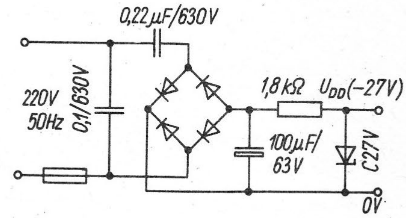
Rys. 3.3.32. Sieciowy zasilacz dla wskaźnika fluorescencyjnego zegara sterowanego częstotliwością 50 Hz



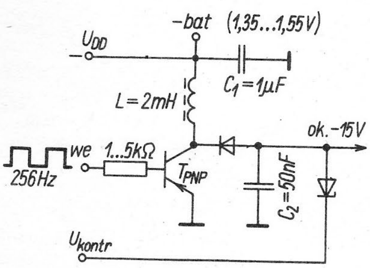
Rys. 3.3.27. Zasada sterowania przetwornikiem piezoelektrycznym
1 — membrana metalowa, 2 — materiał piezoelektryczny, 3 — metalizacja Ag, 4 — zestyki sprężyste



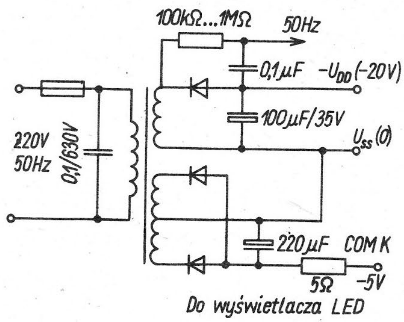
Rys. 3.3.30. Buforowy zasilacz zegara ze wskaźnikiem LED



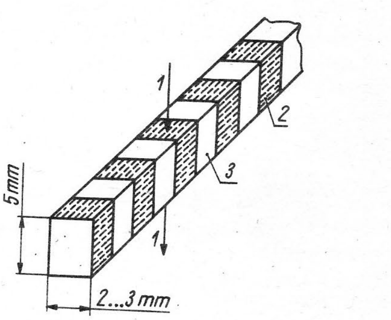
Rys. 3.3.33. Zasilacz beztransformatorowy zegara ze wskaźnikiem LCD



Rys. 3.3.28. Przetwornica stosowana w zegarkach ze wskaźnikiem LCD (rozpraszanie dynamiczne)



Rys. 3.3.31. Sieciowy zasilacz dla zegara sterowanego częstotliwością 50 Hz (wskaźnik LED o wspólnej katodzie)



Rys. 3.3.34. Przepust z gumy przewodzącej (żebrokorektor)
1 — kanały przewodzące (przepusty), 2 — guma izolująca, 3 — guma przewodząca

jest włączona indukcyjność. Wyjściowe napięcie zmienne np. o częstotliwości ok. 1 kHz i amplitudzie ok. kilkunastu woltów, w wyniku zjawiska piezoelektrycznego, wprawia w drgania metalową membranę, wytwarzając tym samym falę akustyczną (sygnał dźwiękowy).

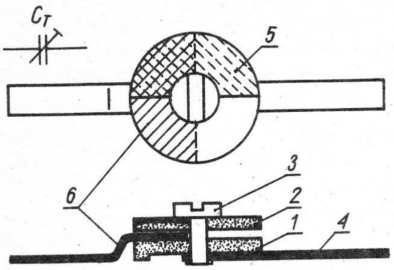
Przetworniki piezoelektryczne ze względu na swoją prostotę, stosunkowo dużą sprawność i niezawodność, małe wymiary oraz masę znalazły zastosowanie do sygnalizacji alarmu w zegarkach elektronicznych oraz do sygnalizacji akustycznej w kalkulatorach (w najnowszych rozwiązaniach kalkulatorów wygrywają nawet melodie). Niektóre firmy stosują również przetworniki zbliżone konstrukcyjnie do słuchawki dynamicznej.

3.3.10 Przetwornice i zasilacze

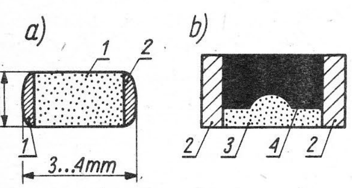
Pierwsze zegarki ze wskaźnikami LCD wymagały — do sterowania wskaźnika napięcia o wartości do kilkunastu woltów. Uzyskiwano je w miniaturowej przetwornicy, której schemat przedstawiono na rys. 3.3.28. W przetwornicy takiej impulsy prostokątne o amplitudzie napięcia baterii i częstotliwości np. 256 Hz sterują tranzystor, w którego obwód kolektorowy jest włączona cewka nawinięta na rdzeniu ferrytowym. W wyniku samoindukcji, podwyższone napięcie na cewce jest następnie prostowane i filtrowane. Dioda Zenera ogranicza wartość napięcia wyjściowego.

Stołowe zegary kwarcowe, wyższej klasy, zasilane z sieci, wymagają stabilizacji napięć zasilających. Realizuje się to najczęściej za pomocą scalonych stabilizatorów. Przykładowy stabilizator scalony przedstawiono na rys. 3.3.29.

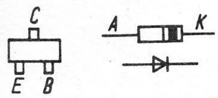
Aby zapewnić ciągłość wskazań zegara w okresach zaniku napięcia sieciowego, stosuje się zasilanie buforowe z baterii akumulatorów (rys. 3.3.30) lub baterię awaryjną zasilaną poprzez przełącznik diody (odblokowanie diody). Wyłączenie lub zanik zasilania sieciowego po-



Rys. 3.3.35. Konstrukcja kondensatora dostrojczego (trymera)
1, 2 — ceramika (izolator), 3 — śruba regulacyjna, 4 — wyprowadzenie, 5 — górna odkładka (ruchoma), 6 — dolna odkładka (nieruchoma)



Rys. 3.3.36. Elementy bierne: a) kondensator dyskretny, b) rezystor grubowarstwowy
1, 3 — ceramika, 2 — metalizacja, 4 — warstwa oporowa



Rys. 3.3.37. Tranzystor i dioda miniaturowe

woduje wówczas wygaszenie wskaźnika przy ciągłej pracy układów logicznych zegara.

Na rysunkach 3.3.31, 3.3.32 i 3.3.33 przedstawiono przykładowe rozwiązania zasilaczy sieciowych.

3.3.11 Inne elementy stosowane w zegarkach elektronicznych

1. *Przepust* z gumy przewodzącej (żebrokorektor). Służy on do elastycznego łączenia głównie pól kontaktowych wskaźników LCD z wyprowadzeniami układu scalonego na płytce podłożowej (połączenia drukowane). Jest to (rys. 3.3.34) najczęściej pasek o przekroju ok. 2× ×5 mm składający się na przemian z warstw gumy przewodzącej i izolującej. Warstwy gumy przewodzącej pełnią funkcję kanałów przewodzących (przepustów). W zegarach stołowych oraz niektórych konstrukcjach zegarków (np. typu „Elektronika") stosuje się plastykowe ramki z wprasowanymi w nie kołkami z gumy przewodzącej.

2. *Trymer.* Jest to miniaturowy kondensator dostrojczy o zmiennej pojemności ok. 5...35 pF i służy do zestrajania zegarka. Jest zbudowany z okładki stałej (blaszka mosiężna w kształcie półkola), umieszczonej na korpusie ceramicznym (rys. 3.3.35), oraz okładki ruchomej (zwykle — warstwa srebra napylonego na dielektryk ceramiczny). Wyprowadzenie okładki ruchomej jest połączone nitem o płaskim łbie z rozcięciem (pod śrubokręt) do regulacji. Przez zmianę wzajemnego położenia okładek zmienia się pojemność kondensatora od wartości minimalnej (okładki naprzeciw siebie) do maksymalnej (okładki jedna nad drugą). Na rysunku przedstawiono położenie okładek kondensatora dla połowy zakresu pojemności.

3. *Kondensator dyskretny.* Jest on zbudowany z materiału ceramicznego w kształcie prostopadłościanu o wymiarach ok. 1×2×3 mm, którego przeciwległe końce pokryte srebrem stanowią okładki kondensatora (rys. 3.3.36a). W zależności od rodzaju użytej ceramiki (rodzaju materiału dielektrycznego) oraz technologii rozróżnia się kondensatory o pojemności w granicach 30...40 pF (wstępne zestrajanie obwodu rezonatora) oraz o pojemności ok. 50 nF (obwody zasilania, podwajacze napięcia). Spotyka się również miniaturowe kondensatory ceramiczne o pojemności do kilkudziesięciu pikofaradów oraz kondensatory elektrolityczne tantalowe o pojemnościach 1...5 μF.

4. *Rezystor grubowarstwowy.* Jest on zbudowany podobnie do kondensatora z tym, że na materiał izolacyjny (ceramika), między wyprowadzeniami z jednej strony płytki, jest naniesiona warstwa materiału oporowego (rys. 3.3.36b). Najczęściej spotyka się rezystor 22 MΩ (dołączony równolegle do rezonatora). Stosowane są również rezystory dyskretne zwłaszcza w zegarkach „Elektronika".

5. *Tranzystory i diody miniaturowe.* Są nimi struktury tranzystorów i diod, zamknięte w miniaturowych obudowach lub zalewach, o mocy strat nie większej niż 100 mW, przystosowane do montażu tradycyjnego (układy hybrydowe). Stosuje się je jako zewnętrzne elementy obwodów zasilania i do sterowania przetworników akustycznych.

3.4 Użytkowanie zegarków elektronicznych

3.4.1 Odczyt czasu

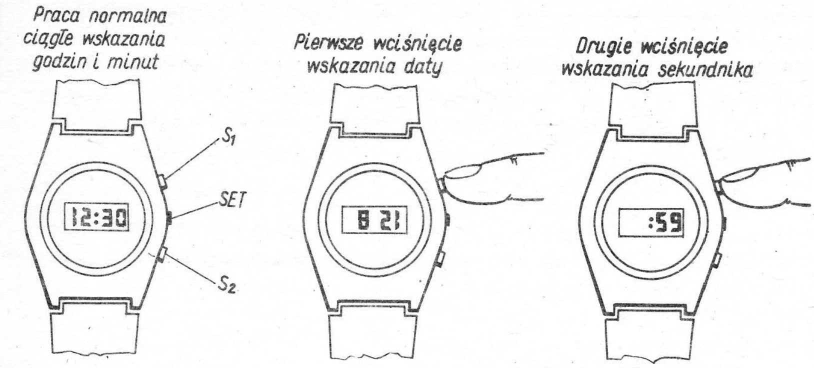
3.4.1.1 Odczyt czasu w popularnych zegarkach LED

W zegarkach ze wskaźnikiem LED każdorazowy odczyt czasu wymaga wciśnięcia przycisku. Jednokrotne wciśnięcie przycisku S_1 (rys. 3.4.1) powoduje wyświetlanie (od lewej) godzin, najczęściej w systemie 12-godzinnym, kropki lub dwukropka (mogą pulsować) i minut (rys. 3.4.2). Czas wyświetlania wynosi 1...3 s. Następne wciśnięcie lub przytrzymanie przycisku S_1 powoduje wyświetlenie daty, przy czym z reguły po lewej stronie zostaną wyświetlone miesiące, a po prawej — dni miesiąca. Wyświetlanie sekund (pulsujące) może nastąpić bezpośrednio po odczycie czasu, jeżeli przycisk S_1 był przytrzymywany lub, po wyświetleniu daty, w wyniku trzeciego jego wciśnięcia. Odczyt daty może być uruchamiany również za pomocą dodatkowego przycisku S_2.

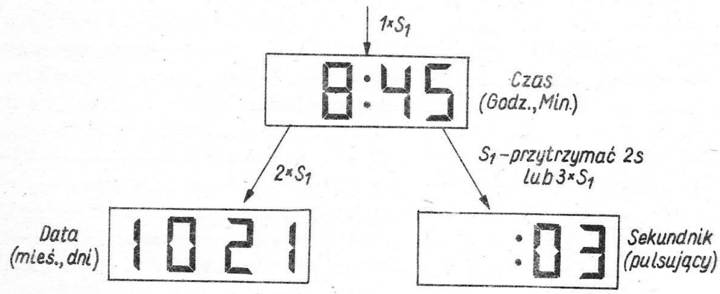
3.4.1.2 Odczyt czasu w popularnych zegarkach LCD

Wskazywanie godzin i minut (rys. 3.4.3) wraz z pulsującym dwukropkiem jest w tym przypadku ciągłe. Jednokrotne wciśnięcie przycisku S_1 spowoduje pokazanie daty (bez dwukropka), przy czym powrót do wskazań czasu następuje automatycznie po kilku sekundach lub po ponownym wciśnięciu tego przycisku. Po następnym wciśnięciu i ewentualnie przytrzymaniu będzie wyświetlany pulsujący sekundnik, powrót do stanu wyjściowego nastąpi po ok. 2 s po zwolnieniu przycisku S_1 lub ponownym wciśnięciu i zwolnieniu S_1.

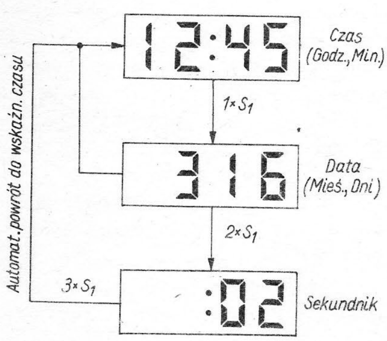
Odczyt czasu w zegarku LCD produkcji krajowej (typu „Unitron") przebiega następująco (rys. 3.4.4).



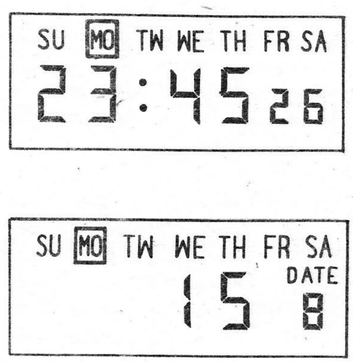
Rys. 3.4.1. Odczyt czasu w popularnych zegarkach LCD



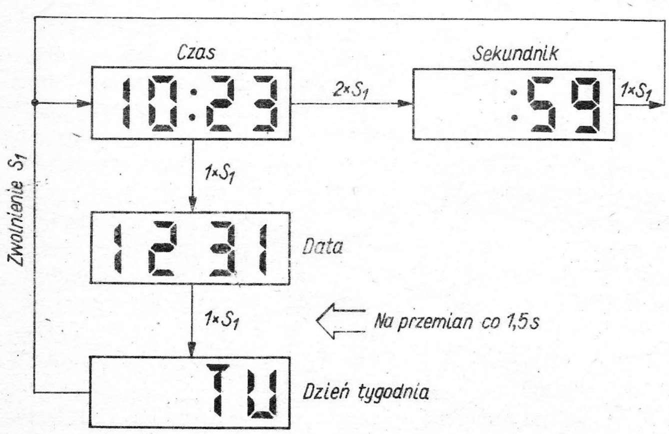
Rys. 3.4.2. Sposób odczytu czasu w popularnych zegarkach LED



Rys. 3.4.3. Sposób odczytu czasu w popularnych zegarkach LCD



Rys. 3.4.5. Odczyt czasu i daty w w zegarku z wyświetlanym sekundnikiem



Rys. 3.4.4. Sposób odczytu czasu w zegarku „Unitron"

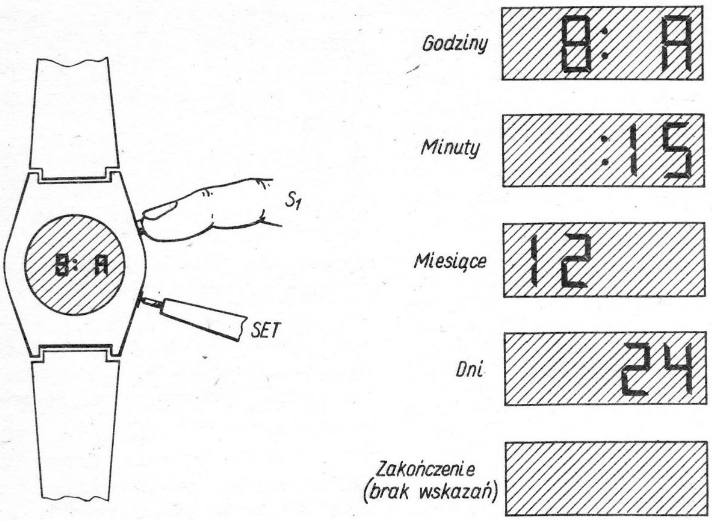
Po jednokrotnym wciśnięciu i przytrzymaniu przycisku S_1 następuje na przemian co 1,5 s wyświetlanie daty i dnia tygodnia, zwolnienie przycisku powoduje automatyczny powrót do wskazywania czasu, dwukrotne zaś wciśnięcie i zwolnienie przycisku spowoduje pulsujące wskazania sekund, kolejne wciśnięcie przycisku powoduje powrót do wskazań czasu.
W zegarkach wyższej klasy, które w sposób ciągły wskazują dni tygodnia i sekundy (rys. 3.4.5), wciśnięcie przycisku S_1 powoduje — trwające kilka sekund lub do chwili zwolnienia bądź też ponownego wciśnięcia S_1 — ukazanie daty (dzień miesiąca i miesiąc).

3.4.2 Ustawianie czasu

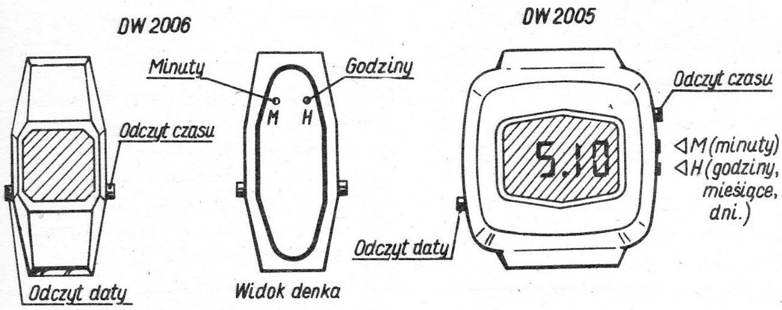
Przystępując do ustawiania czasu należy sprawdzić jakość baterii, np. sprawdzając skuteczność podświetlania żaróweczką oraz należy sprawdzić odchyłkę dobową zegarka przy pomocy chronokomparatora. Istotny jest również pobór prądu przez układ scalony zegarka (patrz rozdz. 6).

3.4.2.1 Ustawianie czasu w popularnych zegarkach LED

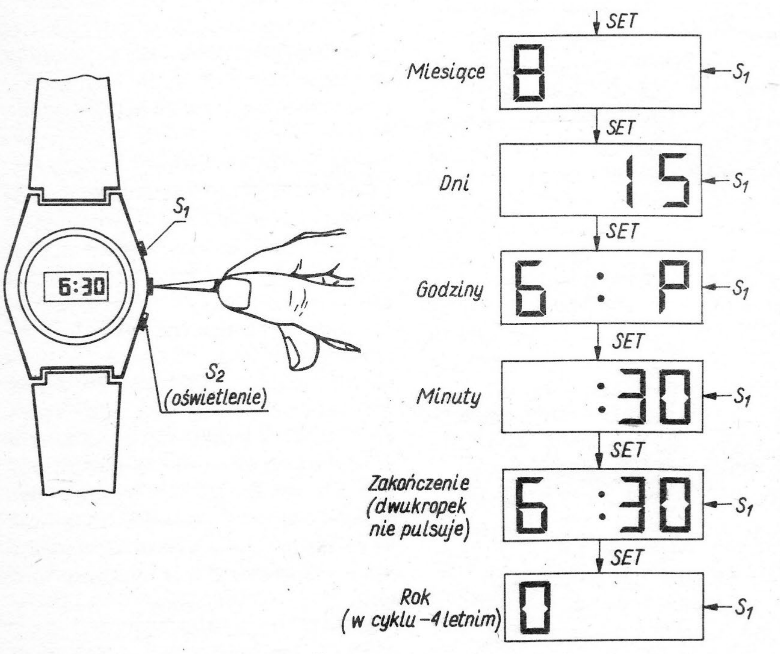
Przycisk S_1 służący normalnie do odczytu podczas ustawiania pełni rolę przełącznika sterującego ustawianiem liczby godzin, minut, dni, miesięcy. Ustawienie (rys. 3.4.6) rozpoczyna się od wciśnięcia (ostrym narzędziem lub np. długopisem) przycisku SET. Najczęściej pojawia się wówczas godzina pierwsza lub dwunasta. Przytrzymując teraz przycisk S_1 lub rytmicznie go przyciskając, następuje przełączanie dwunastu godzin z literą A (AM — przed południem) i następnie dwunastu godzin z literą P (PM — po południu). Po zwolnieniu przycisku na wybranej godzinie ponownie wciska się przycisk SET i powtarza operacje dla minut, miesięcy i dni. Po zakończeniu ustawiania wskaźnik wygasza się, pojawia się pulsujący dwukropek lub pulsująca pozycja minut. Zliczanie czasu (start sekundnika) rozpoczyna się najczęściej w chwili zakończenia ustawiania lub w chwili pierwszego wciśnięcia przycisku S_1.



Rys. 3.4.6. Ustawianie czasu w zegarku LED „godz. 8^{15}, przed południem, dnia 24 grudnia"



Rys. 3.4.7. Ustawianie czasu w zegarkach LED produkcji krajowej



Rys. 3.4.8. Ustawianie czasu w zegarku LCD „godz. 6^{30}, po południu (P), 15 sierpnia 1980 roku"

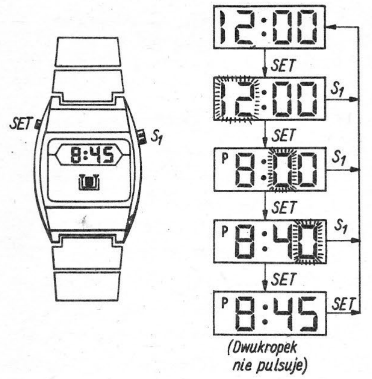
3.4.2.2 Ustawianie czasu w zegarkach LED produkcji krajowej (DW 2005, DW 2006)

Ustawianie czasu rozpoczyna się od ustawienia dnia miesiąca i pory dnia. W tym celu należy jednocześnie wcisnąć przycisk odczytu daty i czasu (rys. 3.4.7). Nastąpi wówczas wskazanie — od lewej — miesiąca, pory dnia (górna kropka — AM, dolna — PM) i dnia. Teraz, po przyciśnięciu ostrym narzędziem przycisku oznaczonego symbolem H, dzień zmieniać się będzie co sekundę a pora dnia co pół sekundy. Po ukazaniu się właściwego dnia i pory należy szybko zwolnić najpierw przycisk H, a następnie pozostałe. Ustawianie miesiąca wykonuje się identycznie, z tym że przyciska się tylko przycisk odczytu daty. Ustawianie godzin i minut odbywa się niezależnie za pomocą przycisków oznaczonych H i M. Start sekundnika następuje w chwili pierwszego wciśnięcia odczytu czasu.

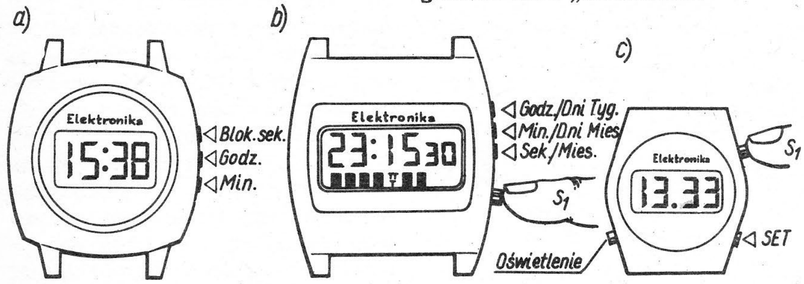
Do ustawiania czasu w zegarkach starszej produkcji niezbędny jest magnesik (ukryty w zapięciu bransolety), który przełącza miniaturowe kontaktrony (styki H, M). Samo ustawianie czasu odbywa się analogicznie do przedstawionego powyżej.

3.4.2.3 Ustawianie czasu w popularnych zegarkach LCD

Przycisk S_1, służący normalnie do sterowania odczytu daty i sekund, w trakcie ustawiania czasu pełni, podobnie jak w zegarkach LED, funkcję przełącznika liczby godzin, minut, dni itd. Ustawianie rozpoczyna się od wciśnięcia (ostrym narzędziem) przycisku SET (rys. 3.4.8). Powinna się wówczas po lewej stronie wskaźnika pojawić liczba 12 oznaczająca miesiące. Teraz przyciskając lub przytrzymując przycisk S_1 kolejno przełącza się miesiące (1...12). W chwili ukazania się właściwej liczby zwalnia się szybko przycisk S_1 zatrzymując w ten sposób ustawianie miesięcy. Kolejne następne wciśnięcia przycisku SET będą przełączały ustawianie na dni miesiąca, godziny (12A, 12P) i minuty oraz niekiedy dni tygodnia i rok w systemie czteroletnim. Start sekundnika nastąpi



Rys. 3.4.9. Ustawianie czasu w zegarku Unitron, „godz. 8[45], po południu"



Rys. 3.4.10. Ustawianie czasu w zegarkach LCD „Elektronika"

w chwili zakończenia ustawiania lub, jeżeli dwukropek nie pulsuje, po pierwszym wciśnięciu przycisku S_1. Może się zdarzyć, że w trakcie ustawiania niektóre z liczników będą zliczały niekolejno lub np. licznik minut będzie zliczał do stu lub też zamiast cyfr będą wyświetlane tylko ich fragmenty. Należy wówczas powtórzyć program ustawiania, przełączając wszystkie pozycje liczników. Wystąpienie tej nieprawidłowości w kolejnych następnych cyklach świadczy o uszkodzeniu zegarka lub o zbyt niskim napięciu baterii. Świadectwem właściwego ustawienia liczników np. po wymiarze baterii będzie ukazanie się godziny 12:00 lub 1:00.

Jako zasadę sprawdzenia ustawienia można przyjąć porównanie wskazań czasu (kalendarza) ustawionego zegarka ze wskazaniem zegarka wzorcowego po upływie pierwszej doby. W zegarkach odliczających czas w systemie dwunastogodzinnym należy koniecznie uwzględnić porę dnia (A — przed południem, P — po południu), gdyż w przeciwnym razie — przełączenie datownika nastąpi w południe,a nie o północy . W zegarkach z kalendarzem czteroletnim trzeba uwzględniać rok cyklu, cyfra 0 odpowiada latom przestępnym.

3.4.2.4 Ustawianie czasu w zegarku LCD produkcji krajowej marki „Unitron"

Jednokrotne przyciśnięcie przycisku SET z lewej strony zegarka (rys. 3.4.9) ostrym narzędziem powoduje przełączenie na ustawianie godzin, które pulsując będą się automatycznie zmieniały w systemie dwunastogodzinnym. Pojawiająca się litera „P" sygnalizuje godziny popołudniowe. Wciśnięcie następnie przycisku SET spowoduje zatrzymanie ustawiania godzin i automatyczne przełączenie na ustawianie dziesiątek minut, kolejne wciśnięcie przycisku SET zatrzyma ustawianie dziesiątek minut i uruchomi ustawianie jednostek minut. Zatrzymanie na właściwej minucie nastąpi po kolejnym wciśnięciu przycisku SET. Start sekundnika i pulsacja dwukropka nastąpi w chwili naciśnięcia i zwolnienia przycisku SET. Aby ustawić datę, należy — dociskając przycisk S_1 — przycisnąć i zwolnić przycisk SET, a następnie S_1 — wówczas automatycznie będą się zmieniać miesiące. Powtarzając czynności jak przy ustawianiu czasu, ustawia się kolejno dziesiątki i jednostki dni oraz dni tygodnia. Naciskając przycisk S_1 w dowolnej chwili w trakcie ustawiania spowoduje się przejście zegarka do normalnej pracy. Poprzez kilkakrotne po kolei naciśnięcie przycisku SET można dokonać zmiany interesującego elementu czasu.

W celu szybkiego dokonania korekcji sekund (wyzerowania) należy dwukrotnie nacisnąć przycisk S_1, tak aby ukazały się sekundy i następnie we właściwej chwili nacisnąć i zwolnić przycisk SET. Należy jednak pamiętać, że jeśli wskazanie sekund przed wyzerowaniem było w przedziale 30...59 sekund, to nastąpi automatyczne dodanie jednej minuty.

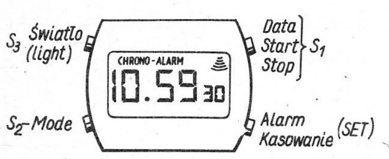
3.4.2.5 Ustawianie czasu w zegarkach LCD „Elektronika" produkcji ZSRR

Kształty oraz oznaczenie funkcji poszczególnych przycisków zegarków „Elektronika" przedstawiono na rys. 3.4.10.

W zegarku „Elektronika" bez datownika i z pulsującym dwukropkiem (rys. 3.4.10a) do ustawiania czasu służą niezależne przyciski godzin i minut. Przełączanie cyfr następuje z opóźnieniem, dlatego też przyciski należy zwalniać z pewnym wyprzedzeniem. Górny przycisk służy do wyzerowania sekundnika i blokady sekund (przytrzymywany — mimo pulsującego dwukropka — nie będzie zliczał czasu). Włączenie blokady sekund w chwili, w której zegarek zlicza sekundy w przedziale 30...59 spowoduje automatycznie zwiększenie stanu licznika minut o 1.

Zegarek „Elektronika" z datownikiem i stałym sekundnikiem przedstawiono na rys. 3.4.10b. W nowszych modelach po włożeniu baterii (zegarek nie wskazuje) należy wówczas wzbudzić oscylator jednoczesnym wciśnięciem dwóch górnych przycisków. Wyłączenia oscylatora można dokonać wciskając jednocześnie drugi i trzeci przycisk. Czas ustawia się przy użyciu niezależnych przycisków godzin, minut i sekund, jak w zegarku bez datownika. Aby ustawić datę należy, wciskając przycisk S_1 (odczyt daty), operować przyciskami dni tygodnia, dni miesiąca i miesięcy (przyciski o podwójnym działaniu).

W zegarku „Elektronika" z dniami tygodnia zakodowanymi cyfrowo ustawianie rozpoczyna się od wciś-



Rys. 3.4.11. Opis przycisków zegarka wielofunkcyjnego

nięcia i zwolnienia przycisku SET, po czym z lewej strony wskaźnika ukaże się cyfra 1...7 symbolizująca dzień tygodnia od poniedziałku do niedzieli. Przytrzymując teraz przycisk S_1 ustawia się właściwy dzień tygodnia. Kolejno wciskając i zwalniając przycisk SET ustawia się dzień miesiąca, godzinę i minuty. Ostatnie wciśnięcie kończy ustawianie i jednocześnie powoduje start sekundnika.

3.4.2.6 Ustawianie czasu w zegarkach wielofunkcyjnych

Do sterowania funkcji takiego zegarka (stoper, alarm, czas strefowy, timer) służy dodatkowy przycisk rodzaju pracy (MODE). W celu ustawiania czasu należy najczęściej docisnąć i przytrzymać przycisk S_2 — MODE (rys. 3.4.11). Sygnałem rozpoczęcia ustawiania będzie pulsowanie sekundnika (niekiedy również innego symbolu). Wciskając teraz przycisk SET i operując przyciskiem S_1 kolejno ustawia się godziny, minuty, start sekundnika, miesiąc, dzień miesiąca, dzień tygodnia oraz roku. Ustawianie alarmu (godzin i minut) wykonuje się tak samo jak ustawianie czasu. Przycisk SET służy zazwyczaj do odczytania czasu alarmu. Włączenie i wyłączenie alarmu dokonuje się przyciskiem S_1, co jest sygnalizowane odpowiednimi symbolami na tarczy zegarka.

W zegarkach z kalkulatorem ustawianie czasu odbywa się za pomocą klawiatury. Po ustawieniu zegarka w pozycji „kalkulator" i ewentualnym wciśnięciu przycisku SET (wskaźnik migocze) wprowadzamy datę w następującej kolejności: dziesiątki i jednostki lat, miesiąc (np. wrzesień — 09) oraz dziesiątki i jednostki dnia miesiąca. Wciśnięcie przycisku SET (Adjustment) lub zwolnienie (jeżeli w trakcie ustawiania był wciśnięty) spowoduje ustawienie daty. Ustawienie czasu odbywa się analogicznie w kolejności: godziny, minuty (w systemie 12-godzinnym musimy uwzględnić porę dnia — przycisk PM). Start sekundnika następuje w chwili wciśnięcia przycisku SET (Adjustment).

3.4.2.7 Ustawianie czasu w zegarkach z odczytem analogowym

Ustawianie czasu i kalendarza w zegarkach z odczytem analogowym odbywa się podobnie, jak dla zegarków tradycyjnych, tj. za pomocą pokrętła, które do tej operacji należy delikatnie wyciągnąć. Start sekundnika nastąpi w chwili wciśnięcia pokrętła, które jest sprzężone z obwodem zasilania. W najnowszych rozwiązaniach ustawianie czasu odbywa się poprzez docisk pokrętła lub ukrytego w nim przycisku, w wyniku czego uzyskuje się bezpośredni napęd wskazówek zegarka. Ustawianie dnia tygodnia i miesiąca odbywa się najczęściej poprzez delikatne wyciągnięcie pokrętełka i odpowiednie pokręcanie nim w lewo lub prawo.

3.4.2.8 Ustawianie czasu w zegarach stołowych i stacjonarnych

Do ustawiania czasu w zegarach stołowych służą najczęściej trzy lub cztery przyciski: ustawianie czasu, ustawianie wolne, ustawianie szybkie, korekcja sekund. Wciskając i przytrzymując przycisk ustawiania czasu (time set), należy kolejno docisnąć przyciski szybkiego i wolnego ustawiania, co powoduje automatyczne naliczanie czasu, zwolnienie przycisku spowoduje zatrzymanie naliczania. Start sekundnika nastąpi w chwili zwolnienia przycisku ustawiania lub ostatniego przełączenia minut. W zegarach współpracujących z kalkulatorami ustawianie czasu odbywa się z klawiatury, po ustawieniu zegarka w pozycję SET.

Ustawianie alarmu (alarm set) odbywa się analogicznie do ustawiania czasu, przycisk ten jednocześnie służy do włączenia ustawiania i podglądu ustawionego alarmu. W zegarach stołowych „Elektronika" ustawianie czasu odbywa się niezależnymi przełącznikami minut i godzin oraz korekcji sekund (przez wyzerowanie stanu minut).

3.4.3 Charakterystyczne cechy użytkowe i eksploatacyjne zegarków elektronicznych

W zależności od przyjętych kryteriów można wyróżnić następujące cechy użytkowe i eksploatacyjne zegarków elektronicznych:
— wyświetlanie czasu w systemie 12- lub 24-godzinnym, sekundnik, datownik, kalendarz jedno- lub czteroletni,
— wskaźnik: LED, LCD, lampowy (fluorescencyjny), analogowy, liczba, wielkość i kształt cyfr,
— zasilanie: bateryjne (baterie guzikowe lub paluszkowe), sieciowe, akumulatorowo-buforowe, bateria słoneczna,
— łatwość odczytu: kontrast, jaskrawość wskaźnika, automatyczna lub ręczna regulacja jasności świecenia, kolor świecenia, wymagane oświetlenie,
— dokładność: odchyłka dobowa zegarka, częstotliwość oscylatora,
— rozwiązanie układu elektronicznego: rodzaj i liczba użytych układów scalonych, technologia montażu, sposób uszczelniania (zabezpieczenia), struktury, liczba elementów dyskretnych, rodzaj płytki podłożowej,
— rozwiązanie mechaniczne: konstrukcja koperty, tarczy, wodoszczelność, odporność na narażenia środowiskowe,
— zakres temperatur pracy,
— współpraca z innymi urządzeniami (radio, dodatkowy wskaźnik analogowy, kalkulator, budzik, stoper, notes, długopis, wisiorek, zapalniczka),
— masa, wymiary, grubość, kształt.

3.4.4 Niedokładności i błędy wskazań zegarków elektronicznych

Najmniej dokładne są zegary bez kwarcowej stabilizacji wzorca czasu, a więc zegary z generatorami LC lub sterowane częstotliwością sieci zasilającej (50 lub 60 Hz). Przykładowo — zmniejszenie częstotliwości sieci o ok. 0,5 Hz powoduje w ciągu doby ok. piętnastominutowe spóźnienie (tabl. 3.3).

Dokładność zegarka kwarcowego zależy od rozstrojenia oscylatora. Głównymi przyczynami rozstrojenia są starzenie, zmiany temperatury oraz niekiedy spadek napięcia

Tablica 3.3 Dobowe opóźnienie zegara sterowanego częstotliwością sieci zasilającej 50 Hz spowodowane zmniejszeniem się częstotliwości

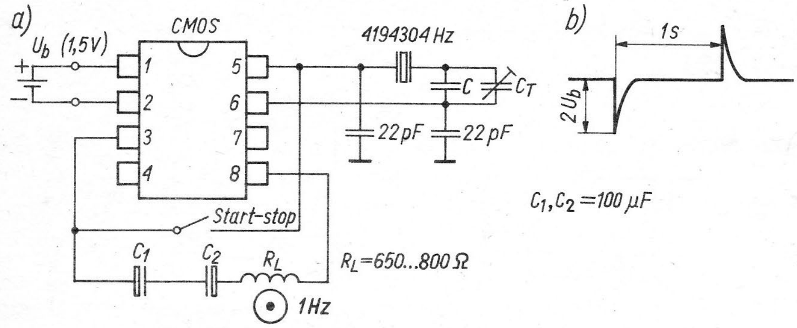
Odchyłka dobowa [min]	Częstotliwość [Hz]
1,0	49,97
2,0	49,93
3,0	49,90
4,0	49,86
5,0	49,83
6,0	49,79
7,0	49,76
8,0	49,72
9,0	49,69
10,0	49,65
11,0	49,62
12,0	49,58
13,0	49,55
14,0	49,51
15,0	49,48

Tablica 3.4 Dobowe zmiany czasu zegarka z rezonatorem 32768 Hz

Odchyłka dobowa [s]	Zmiana częstotliwości [Hz]
0,1	0,03
0,2	0,07
0,3	0,11
0,4	0,15
0,5	0,19
0,6	0,22
0,7	0,26
0,8	0,30
0,9	0,34
1,0	0,37
2,0	0,75
3,0	1,13
4,0	1,51
5,0	1,89
6,0	2,27
7,0	2,65
8,0	3,03
9,0	3,41
10,0	3,79

Tablica 3.5 Opis pola odczytowego i przełączników zegarków elektronicznych

Skrót	Znaczenie	Uwagi
AM	przed południem	ante meridiem
PM	po południu	post meridiem
SU, 7	niedziela	Sunday
MO, 1	poniedziałek	Monday
TU, 2	wtorek	Tuesday
WE, 3	środa	Wednesday
TH, 4	czwartek	Thursday
FR, 5	piątek	Friday
SA, 6	sobota	Saturay
Alarm	alarm, budzenie	
Buzzer	budzenie	
Snooze	drzemka	
Stop	stop	
Start	start	
Reset	kasowanie	
Clear	kasowanie	
LCD	wskaźnik ciekłokrystaliczny	Liquid Crystal Display
LED	wskaźnik elektroluminescencyjny	Light Emitting Diode
Time, timing	czas, pomiar czasu	
Set, setting	ustawianie	
Mode	rodzaj pracy, funkcja zegarka	
Sec, S	sekunda	second
Min, M	minuta	minute
HR, H	godzina	hour
Date	data, datownik	
Calendar	kalendarz	
Clock	zegar	
Timer	odliczanie czasu	
Watch	zegarek	
Read	odczyt	
UP	w górę	
Down	w dół	
Closed	zamknięty	
Open	otwarty	
Sign	znak	
Lap	niezależne odliczanie czasu przez stoper	
Quartz	kwarc (zegarek z rezonatorem kwarcowym)	
Chronograf	stoper, chronometr	
Select	selekcja, zmiana funkcji	
ON	włączony	
OFF	wyłączony	
Solar	słoneczny	
Battery	bateria	
No jewels	bez kamieni	
Unadjusted	nie regulowany	
Advance	planowanie (ustawianie alarmu)	
Water resistant	odporny na wodę	
Adjust	regulować (ustawiać)	
Light	światło	
Lithium	bateria litowa	
Silver	bateria tlenkowo-srebrowa	
Mercury	bateria tlenkowo-rtęciowa	



Rys. 3.5.1. Analogowy zegar stołowy z rezonatorem 4,19 MHz (a) oraz przebieg napięcia na przetworniku (b)

zasilającego. W popularnych zegarkach naręcznych z rezonatorem 32768 Hz maksymalna odchyłka dobowa w zakresie temperatur −10... ...+60°C wynosi ±0,5 s, tj. ±3 min na rok. Najczęściej jednak zegarek nosi się na ręku i jego temperatura jest zbliżona do temperatury ciała (ok. +30°C) — dlatego też w ciągu miesiąca odchyłka na ogół nie przekracza 5 s. W zegarkach wyższej klasy można uzyskać dokładność do kilkunastu sekund na rok. Zastosowanie rezonatora kwarcowego o większej częstotliwości (np. 4194304 Hz) w zegarach stołowych cyfrowych i analogowych zapewnia, w temperaturze pokojowej ok. 22°C, odchyłkę dobową mniejszą niż ±0,15 s. W tablicy 3.4 pokazano dobowe zmiany czasu zegarka z rezonatorem 32768 Hz i odpowiadające im zmiany częstotliwości.

Błędy wskazań zegarków elektronicznych są najczęściej związane (niezależnie od uszkodzeń) z chwilowym zanikiem lub obniżeniem napięcia zasilającego oraz silnymi zakłóceniami elektrostatycznymi, wywoływanymi na przykład przez odzież z włókien sztucznych. W zegarkach naręcznych śladowe ilości elektrolitu z baterii, osadzone na stykach, są często przyczyną zakłóceń w pracy (zanik, przestawienie czasu). W zegarkach analogowych błędy wskazań są zwykle skutkiem mechanicznych zacięć przekładni lub zbyt dużym luzem wskazówek.

3.4.5 Testowanie i regulacja zegarka

Podczas naprawy lub po jej zakończeniu należy sprawdzić wszystkie funkcje i parametry zegarka.

Jako przykład zostanie przedstawione sprawdzanie zegarka naręcznego z rezonatorem 32768 Hz.

1. Kontrola stanu baterii i jakości styków. Podstawowym parametrem baterii jest jej napięcie, które dla baterii srebrowej, obciążonej rezystancją 50 Ω, nie powinno być niższe niż 1,45 V. Powierzchnie kontaktowe muszą być czyste, styki powinny wykazywać właściwą sprężystość i pewnie przylegać do płytki drukowanej.

2. Kontrola prądu ciemnego. Prąd ciemny decyduje o żywotności baterii, świadczy o poprawnej pracy struktury, elementów zewnętrznych i wskaźnika. W większości zegarków ze wskaźnikiem LCD zasilanych z baterii 1,5 V prąd ciemny powinien wynosić 2...4 µA. Mniejsza wartość prądu ciemnego świadczy najczęściej o braku oscylacji rezonatora kwarcowego, zaś większa — o uszkodzeniu struktury wskaźnika lub też występowaniu upływności na płytce podłożowej.

3. Kontrola odchyłki dobowej. Odchyłka dobowa, sprawdzana za pomocą chronokomparatora w temperaturze ok. 28°C, nie powinna przekraczać +0,05 s. W całym zakresie temperatur eksploatacji zapewni to odchyłkę dobową mniejszą niż ±0,5 s.

4. Kontrola wszystkich funkcji zegarka. Celem tej operacji jest sprawdzenie poszczególnych rodzajów pracy zegarka, poprawności zliczania liczników (miesięcy, dni, godzin, minut i sekund) i wyświetlania cyfr i symboli.

5. Kontrola czasu. Operacja ta polega na ustawieniu czasu i kalendarza na podstawie zegara wzorcowego i skontrolowaniu poprawności zliczania po upływie jednej doby. Pracę układu alarmu, stopera czy timera sprawdza się analogicznie przy użyciu zegara wzorcowego.

6. Kontrola zegarka w warunkach eksploatacyjnych. Ten etap sprawdzania zegarka przeprowadza się w warunkach narażeń środowiskowych (temperatury, wilgotności, drgania) i następnie określa się odporność zegarka na te narażenia.

Zegarek nie spełniający wyżej wymienionych testów należy uznać za wadliwy lub niepełnosprawny.

3.4.6 Opis pola odczytowego i przełączników

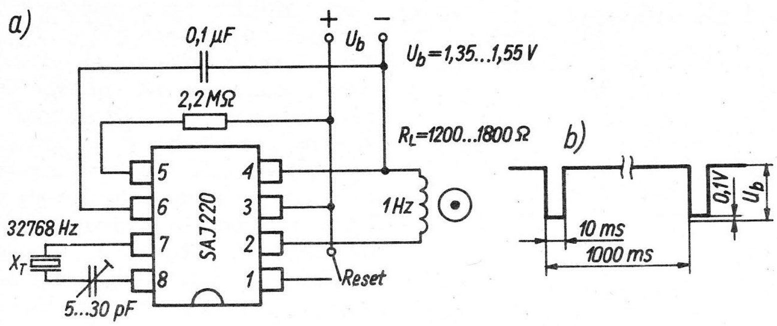
Wszyscy producenci zegarków do opisu pola odczytowego wskaźnika i do opisu przełączników używają skrótów słów angielskich. Należy jednak zawsze zapoznać się z instrukcją, w której szczegółowo wyjaśniono znaczenie zastosowanych skrótów i symboli. Znaczenie najbardziej popularnych skrótów podano w tab. 3.5.

3.5 Układy elektryczne zegarów

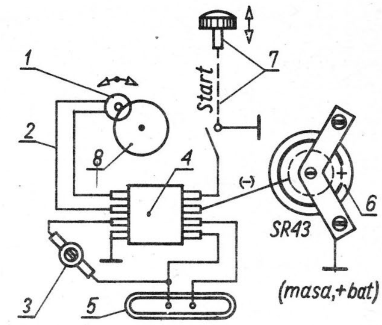
3.5.1 Kwarcowe zegary analogowe (wskazówkowe)

3.5.1.1 Analogowy zegar stołowy

W układzie scalonym CMOS znajduje się generator, dzielnik częstotliwości do 1 Hz i wzmacniacz wyjściowy (rys. 3.5.1). Z uwagi na wymagania temperaturowe zegar współpracuje z rezonatorem kwarcowym 4,19 MHz. Dokładne zestrojenie generatora kwarcowego uzyskuje się za pomocą kondensatora C i trymera C_T. Przetwornik krokowy o rezystancji ok. 1 kΩ jest sterowany z układu scalonego poprzez zwiększające amplitudę napięcia kondensatory elektrolityczne. Zegar jest zasilany z baterii 1,5 V (zwykle bateria R14), przy czym średni pobór prądu przy napięciu 1,4 V nie przekracza 260 µA, co oznacza, że jedna bateria wystarcza na ponad rok ciągłej pracy. W temperaturze pokojowej 22°C i przy średnim na-

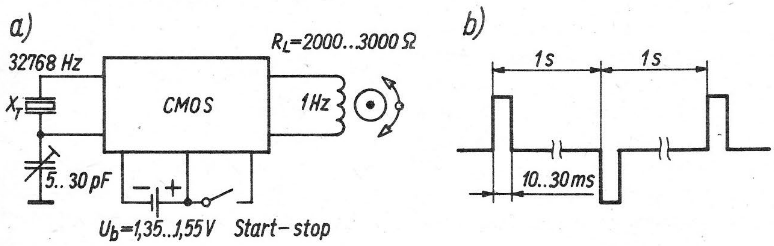


Rys. 3.5.2. Analogowy zegar stołowy z rezonatorem 32768 Hz (a) oraz przebieg napięcia na przetworniku (b)



Rys. 3.5.4. Konstrukcja zegarka naręcznego ze wskaźnikiem analogowym

1 — przetwornik krokowy, 2 — elastyczne połączenie, 3 — trymer dostrojczy, 4 — układ scalony, 5 — rezonator kwarcowy, 6 — bateria, 7 — pokrętło regulacyjne sprzężone z włącznikiem, 8 — przekładnia zębata



Rys. 3.5.3. Naręczny zegar analogowy z rezonatorem 32768 Hz (a) oraz przebieg napięcia na przetworniku krokowym (b)

pięciu 1,4 V odchyłka dobowa nie przekracza ±0,15 s.

Dla zegarów o prostszych układach i współpracujących z rezonatorem 32768 Hz (rys. 3.5.2), odchyłka dobowa w temperaturze ok. +25°C nie przekracza 0,5 s. Zaletę tych zegarów stanowi mniejszy, bo wynoszący do kilkunastu mikroamperów pobór prądu z baterii półtorawoltowej.

3.5.1.2 Naręczny zegarek analogowy z rezonatorem 32768 Hz

W układzie tego zegarka (rys. 3.5.3) elementy zewnętrzne zredukowano do rezonatora kwarcowego i trymera. Układ jest zasilany z baterii pastylkowej 1,35 V lub 1,55 V. Średni pobór prądu wynosi 5...10 µA, co przy zastosowaniu baterii SR43 zapewnia ponad roczną, ciągłą pracę. Dokładność zegarka w temperaturze +25°C wynosi ok. minutę na rok. Na rysunku 3.5.4 przedstawiono poglądową budowę wnętrza takiego zegarka.

3.5.2 Zegar stołowy wykonany z elementów bipolarnych TTL serii 74

Zegar wykonany w technologii TTL (rys. 3.5.5), z uwagi na wysoki pobór mocy, jest zasilany z sieci. Układ zasilania zawiera prostownik w układzie mostkowym i stabilizator +5 V (rys. 3.5.5a). Generator (wzorzec czasu) (rys. 3.5.5b), zbudowany z wykorzystaniem dwóch bramek NAND (TTL 7400) wytwarza sygnał prostokątny o częstotliwości 100 kHz. Podział częstotliwości wzorca następuje w złożonym z dekad (TTL 7490) dzielniku. Na wyjściu dzielnika otrzymuje się impulsy jednosekundowe, które sterują pracę zasadniczego zegara. Źródłem impulsów jednosekundowych może być również układ scalony zegara analogowego.

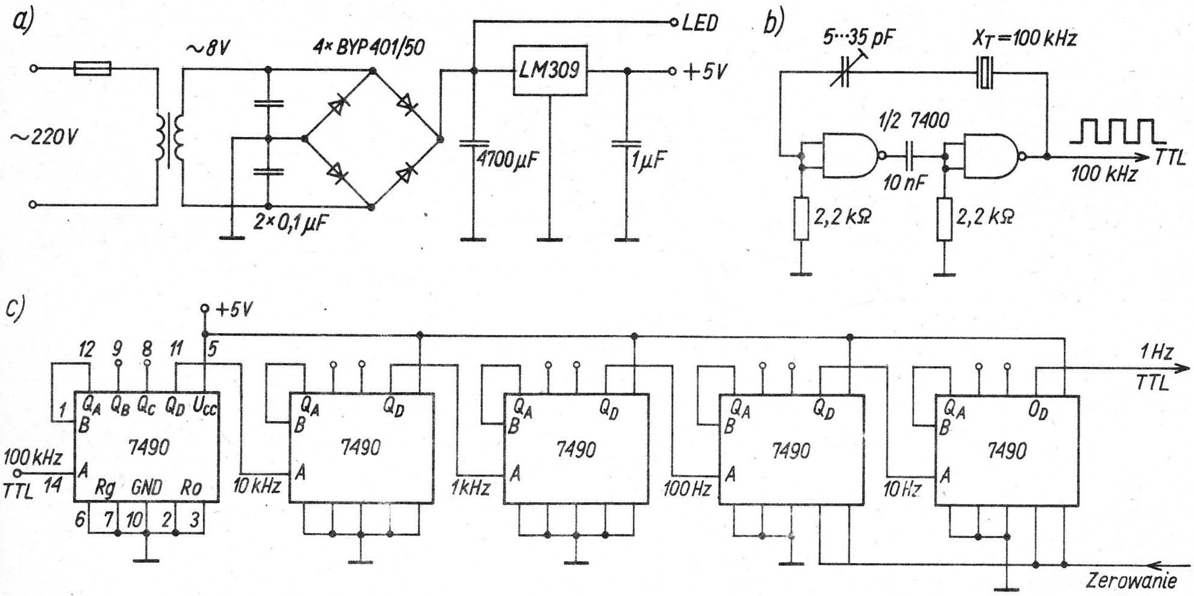
Na rysunku 3.5.6 przedstawiono schemat ideowy prostego dwunastogodzinnego zegara zrealizowanego z elementów TTL. Zliczanie impulsów jednosekundowych odbywa się w licznikach jednostek i dziesiątek sekund, minut i godzin zbudowanych z odpowiednio zaprogramowanych dekad (TTL 7490). Jednocześnie poszczególne dekady sterują w kodzie BCD dekodery wskaźnika siedmiosegmentowego (TTL 7447), które następnie, poprzez rezystory ograniczające prąd, zasilają wskaźniki typu LED (COM A).

Zegar jest tak zaprojektowany, że ustawianie czasu może następować o pełnej godzinie (np. o 12 w południe) przez wyzerowanie liczników (dekad) sekund i minut. Dla zwiększenia dokładności, zerowaniu ulegają jednocześnie dwie ostatnie dekady generatora impulsów jednosekundowych. W zegarze zastosowano ponadto przełącznik wygaszania sekund i układ ograniczenia jaskrawości świecenia wskaźników.

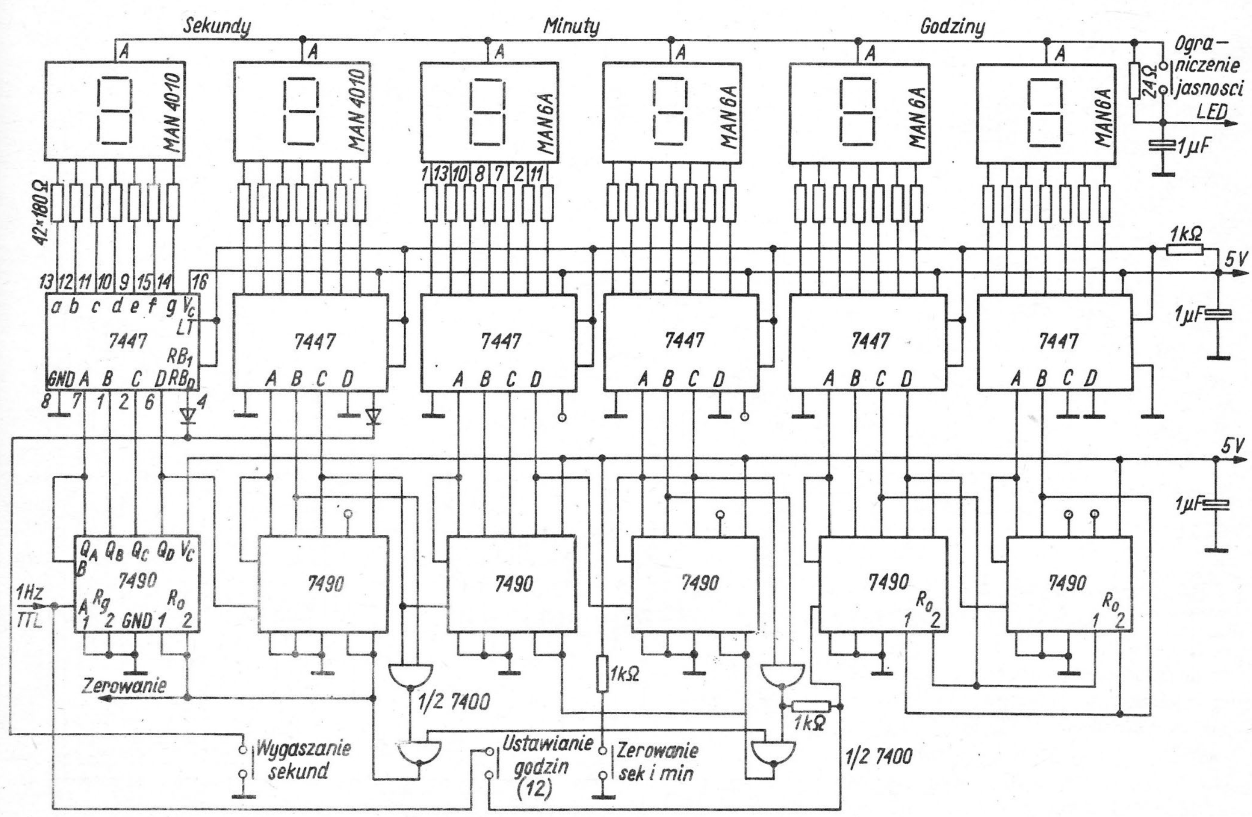
Pobór mocy zegara zależy od typu użytych układów TTL oraz wskaźników i może wynosić 2...3 A. Odchyłka dobowa zegara zależy od stabilności częstotliwości rezonatora i jest praktycznie mniejsza niż 0,1 s.

3.5.3 Zegar LSI *p*-MOS z alarmem sterowany częstotliwością sieci

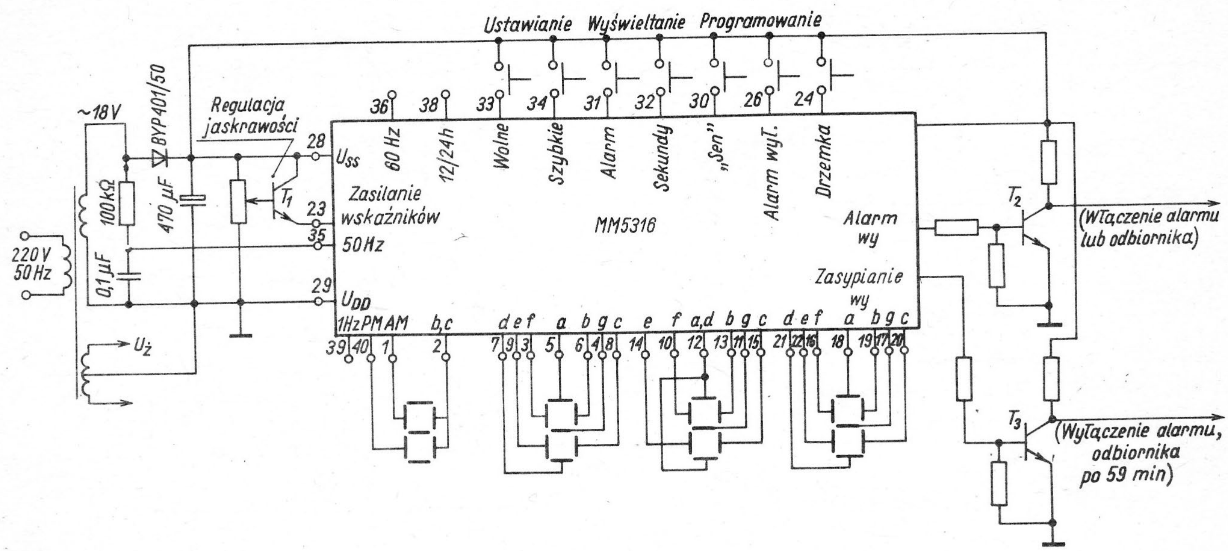
Zegar taki (rys. 3.5.7) jest zazwyczaj wbudowany w odbiornik radiowy, z którym współpracuje. Włączanie i wyłączanie odbiornika jest realizowane za pośrednictwem kluczy tranzystorowych T_2, T_3. Wskaźnik (lampa fluorescencyjna) jest bezpośrednio (równolegle) sterowany z układu scalonego *p*-MOS. Poprzez regulację napięcia anodowego tranzystorem T_1 uzyskuje się zmianę jaskrawości świecenia wskaźnika. Impulsy podstawy czasu, o częstotliwości 50 Hz, są pobierane z uzwojenia wtórnego transformatora i poprzez filtr *RC*, eli-



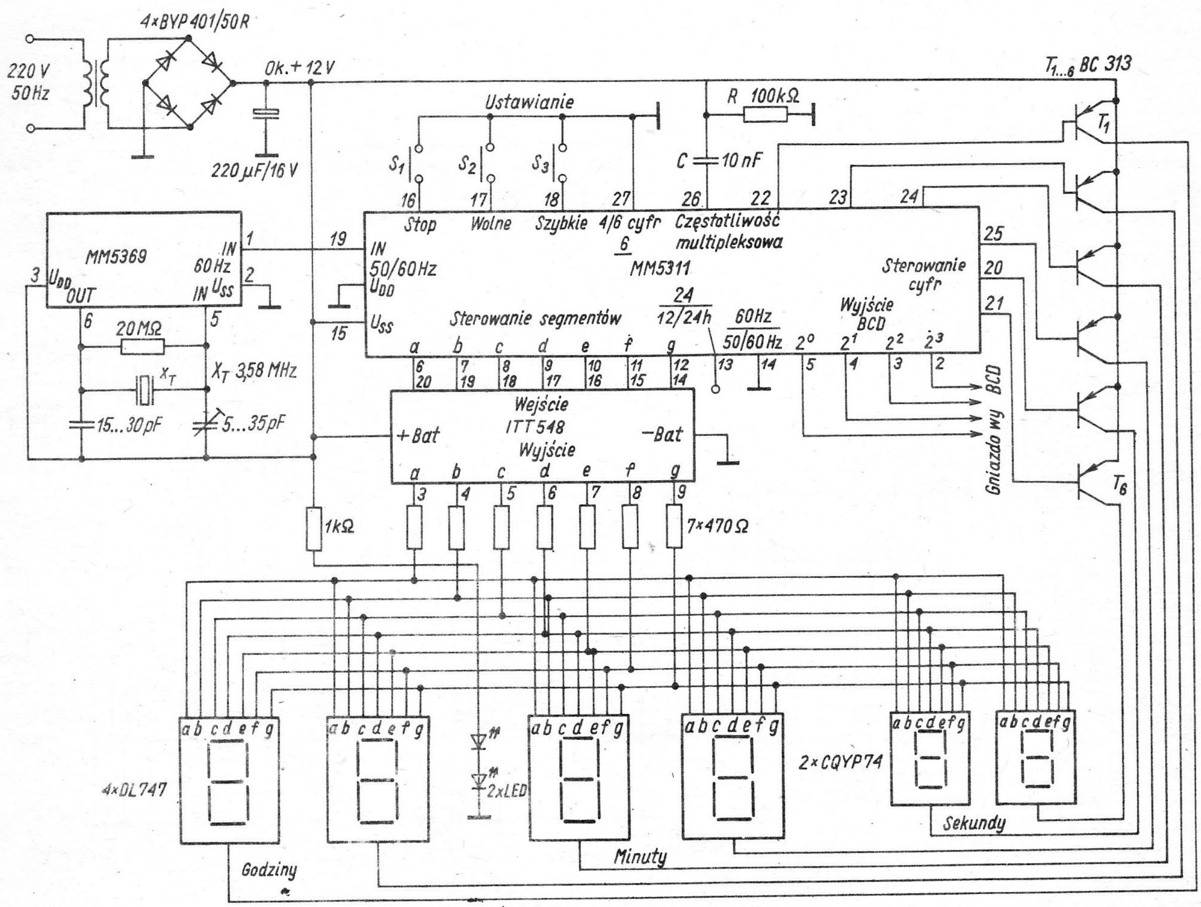
Rys. 3.5.5. Zasilacz (a), generator kwarcowy (b) i dzielnik z wyjściem jednosekundowym (c) do zegara TTL



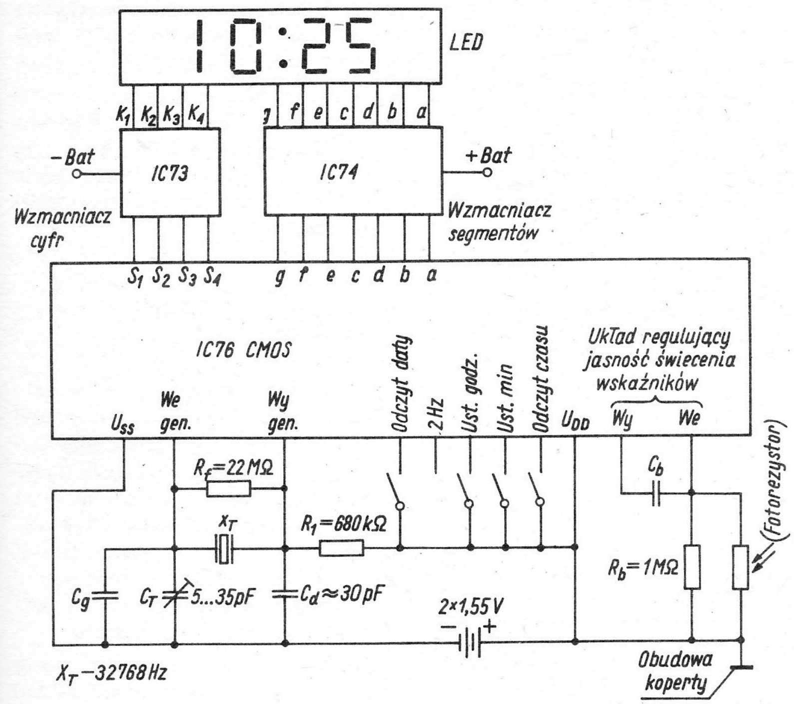
Rys. 3.5.6. Dwunastogodzinny zegar TTL zasilany impulsami jednosekundowymi



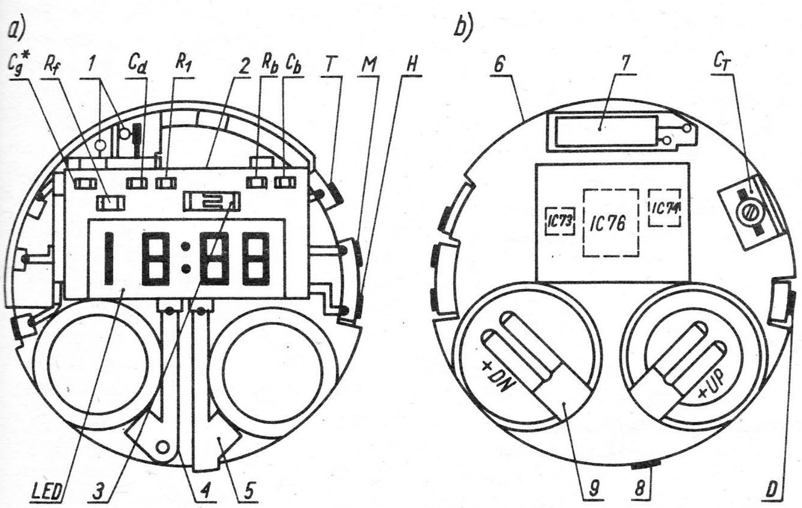
Rys. 3.5.7. Zegar stołowy sterowany częstotliwością sieci



Rys. 3.5.8. Stołowy zegar kwarcowy ze wskaźnikiem LED



Rys. 3.5.9. Schemat połączeń zewnętrznych zegarka naręcznego ze wskaźnikiem LED typ DW 2005



Rys. 3.5.10. Konstrukcja modułu zegarka DW 2005: a) widok z góry, b) widok od spodu

1 — wyprowadzenia rezonatora kwarcowego, *2* — podłoże ceramiczne, *3* — fotorezystor, *4* — wyprowadzenie łączące minus baterii, *5* — wyprowadzenie łączące plus baterii z podłożem, *6* — szkielet modułu, *7* — rezonator kwarcowy 32768 Hz, *8* — styk z obudową (plus baterii), *9* — wyprowadzenia baterii, C_g* — kondensator stosowany tylko przy rezonatorach kwarcowych o większych odchyłkach częstotliwości

minujący zakłócenia, sterują zegar. Obwody żarzenia lamp są zasilane napięciem $U_ż$ z dodatkowego uzwojenia wtórnego połączonego z potencjałem U_{DD}.

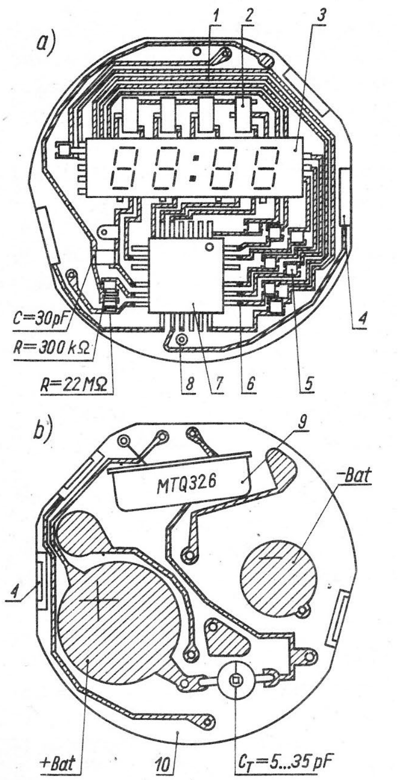
Dokładność zegarów tego rodzaju zależy od stabilności częstotliwości sieci (odchyłka dobowa może zmieniać się od kilkunastu sekund do kilkunastu minut). Pobór prądu przez układ scalony wynosi średnio ok. 30 mA.

3.5.4 Zegar stołowy LSI *p*-MOS ze stabilizacją kwarcową

Generator kwarcowy (rys. 3.5.8) wraz z dzielnikiem częstotliwości jest zbudowany przy użyciu oddzielnego układu scalonego MM5369. Impulsy wyjściowe dzielnika, o częstotliwości 60 Hz sterują bezpośrednio układ zegarowy MM5311. Sterowanie wskaźników siedmiosegmentowych LED odbywa się w układzie multipleksera poprzez scalony wzmacniacz segmentów ITT 548. Wspólne katody wskaźnika LED są zasilane poprzez tranzystorowe wzmacniacze cyfr ($T_1 \dots T_6$). Zegarowy układ scalony zawiera dodatkowe wyjście BCD, które umożliwia przesyłanie informacji o czasie na odległość. Zegar praktycznie nie wymaga zasilacza stabilizowanego i dlatego napięcie jest pobierane bezpośrednio z prostownika. Częstotliwość multipleksera jest ustalana elementami R i C (100 kΩ, 10 nF). Dwukropek oddzielający minuty od godzin tworzą dwie diody LED włączone na stałe do obwodu zasilania. Roczna odchyłka takiego zegara przy eksploatacji w temperaturze pokojowej waha się od kilku do kilkunastu sekund w zależności od stabilności użytego rezonatora.

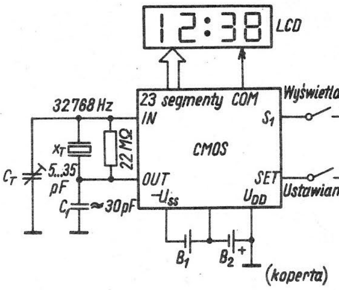
3.5.5 Zegarek naręczny ze wskaźnikiem typu LED

Schemat połączeń zewnętrznych i konstrukcję zegarka naręcznego ze wskaźnikiem LED przedstawiono na przykładzie zegarka produkcji krajowej typu DW 2005 (rys. 3.5.9, 3.5.10). Układ zegarowy LSI CMOS (IC 76) steruje poprzez bipolarne wzmacniacze cyfr i segmentów mo-



Rys. 3.5.11. Konstrukcja zegarka ze wskaźnikiem LED: a) widok z góry, b) widok z dołu

1 — ścieżki połączeń drukowanych (napylone srebro), *2* — tranzystor sterujący cyfrą, *3* — monolityczny wskaźnik LED, *4* — blaszka stykowa (sterowanie zegarka), *5* — rezystory szeregowe segmentów (≈ 100 Ω), *6* — połączenia lutowane, *7* — układ scalony zegara, *8* — otwory metalizowane, *9* — rezonator kwarcowy, *10* — płytka podłożowa ceramiczna



Rys. 3.5.12. Schemat połączeń zewnętrznych zegarka ze wskaźnikiem LCD o dwóch bateriach

nolityczny wskaźnik LED. Rezystory R_f oraz R_1 tworzą obwód zasilania oscylatora kwarcowego, a kondensatory C_g i C_d służą do zgrubnego zestrojenia oscylatora. Kondensator C_b oraz rezystor R_b z równolegle włączonym fotorezystorem stanowią obwód stałej czasowej układu wyświetlania (zmiana współczynnika wypełnienia — zmiana jaskrawości świecenia). Zegarek jest zasilany z dwóch baterii tlenkowo-srebrowych (SR 43) o napięciu znamionowym 1,55 V. Biegun dodatni baterii jest połączony z obudową koperty, poprzez którą, za pomocą mechanicznych ruchomych przycisków, następuje sterowanie ustawianiem i odczytem czasu. Prąd ciemny struktury nie powinien przekraczać 10 µA, a prąd maksymalny pobierany w czasie wyświetlania przez zegarek wynosi nie więcej niż 40...70 mA. Jego wartość zależy od liczby wyświetlanych cyfr i oświetlenia. Żywotność kompletu baterii, uwarunkowana liczbą dziennych odczytów oraz ich rzeczywistą pojemnością, wynosi (przy odczycie czasu średnio raz na godzinę) 3...15 miesięcy. Odchyłka dobowa zestrojonego zegarka nie przekracza 0,5 s, a roczna wynosi 1...3 min.

Zestyki T i D służą do odczytu odpowiedniego czasu i daty, a M i H — do ustawiania minut i godzin. Umieszczony w pojemniku na baterię napis +DN oznacza, że bateria ma być włożona plusem do dołu, a napis +UP — plusem do góry. Zakręcając, po wymianie baterii, denko zegarka należy upewnić się, że od wewnętrznej strony znajduje się folia izolująca, ponieważ brak tej podkładki powoduje zwarcie jednej z baterii. Większość zegarków produkcji zagranicznej ze wskaźnikiem LED ma jednak środek baterii połączony z obudową i wówczas należy zadbać, aby blaszka zwierająca obie baterie stykała się z korpusem metalowym, brak połączenia bowiem uniemożliwi odczyt i ustawienie zegarka.

Na rysunku 3.5.11 przedstawiono inną konstrukcję zegarka z monolitycznym wskaźnikiem LED. Układ scalony (w hermetycznej płaskiej obudowie) jest umieszczony na podłożu ceramicznym i przylutowany do połączeń drukowanych. Do sterowania cyfr służą miniaturowe tranzystory, a segmenty są zasilane poprzez szeregowe grubowarstwowe (bezpośrednio naniesione na ceramiczne podłoże) rezystory.

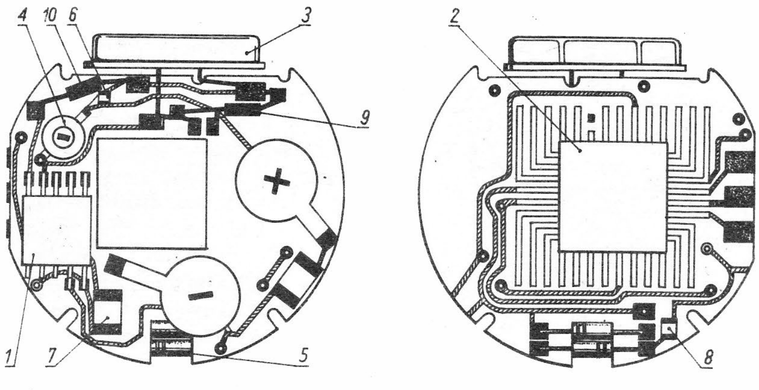
Ostatecznie w zegarkach ze wskaźnikiem LED elementy zewnętrzne ograniczono do rezonatora i trymerka, a sterowanie wskaźnikiem odbywa się bezpośrednio ze struktury CMOS.

3.5.6 Zegarki naręczne ze wskaźnikami LCD

W pierwszych zegarkach ze wskaźnikami LCD stosowano wskaźniki z rozpraszaniem dynamicznym. Zegarki te pobierały znaczny (przekraczający 50 µA) prąd. Napięcie do zasilania wskaźnika było uzyskiwane w miniaturowej przetwornicy. Ze względu na dużą wartość pobieranej mocy szybko zaniechano produkcję zegarków tego rodzaju.

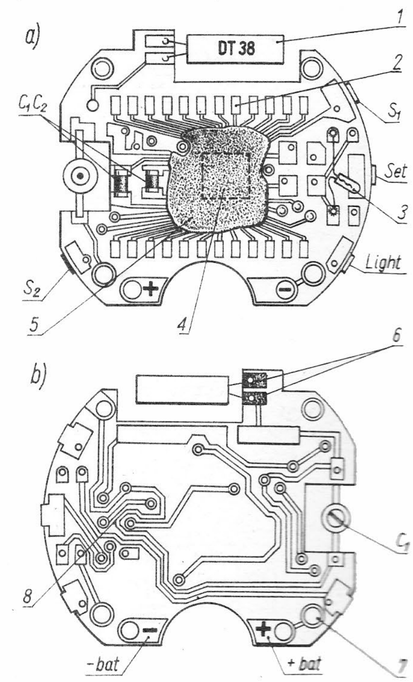
W następnych rozwiązaniach stosowano już wyłącznie wskaźniki LCD z efektem polowym i komplet baterii wystarczał na ponad rok użytkowania zegarka. Były to najczęściej zegarki bez kalendarza, które wskazywały jedynie godziny oraz minuty, a pulsujący dwukropek spełniał funkcję sekundnika. Schemat elektryczny zegarka tego rodzaju przedstawiono na rys. 3.5.12.

Obwód oscylatora zegarka jest zbudowany podobnie jak w zegarkach LED (rezystancja $R = 22$ MΩ jest dołączona równolegle do rezonatora). Źródłem zasilania są dwie baterie, najczęściej tlenkowo-rtęciowe, połączone szeregowo. Pobór prądu wynosi przeciętnie ok. 10 µA. Przykładem takiego zegarka jest popularny w kraju zegarek „Elektronika" (z pulsującym sekundnikiem) produkcji ZSRR. Zegarek ten jest zbudowany z dwóch układów scalonych CMOS (rys. 3.5.13). Pierwszy układ stanowi obwód generatora dla rezonatora 32768 Hz oraz zawiera dzielnik częstotliwości do 128 Hz. Impulsy wyjściowe tego dzielnika sterują również podwajacz napięcia (D_1, D_2, C_2, C_3). Obwód oscylatora składa się z rezonatora 32768 Hz, $R_1 = 22$ MΩ, $R_2 = 300$ kΩ, $C_1 =$ $= 40$ pF, oraz trymera C_T. Dalszy podział częstotliwości, zliczanie minut i godzin (system 24-godzinny) oraz sterowanie wskaźnika odbywa się w drugim układzie zasilanym z



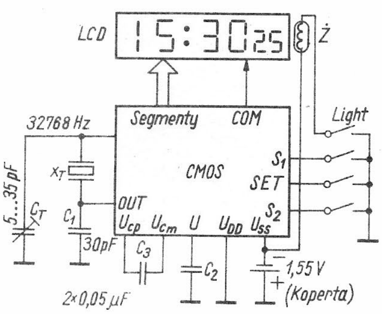
Rys. 3.5.13. Konstrukcja zegarka „Elektronika” produkcji ZSRR

1 — układ scalony (generator, dzielnik częstotliwości), 2 — układ scalony (dzielnik częstotliwości, licznik, sterowanie wskaźnika LCD), 3 — rezonator kwarcowy 32768 Hz, 4 — trymer, 5 — diody D_1, D_2, 6 — kondensator C_1, 7 — kondensator C_2, 8 — kondensator C_3, 9 — rezystor R_1, 10 — rezystor R_2

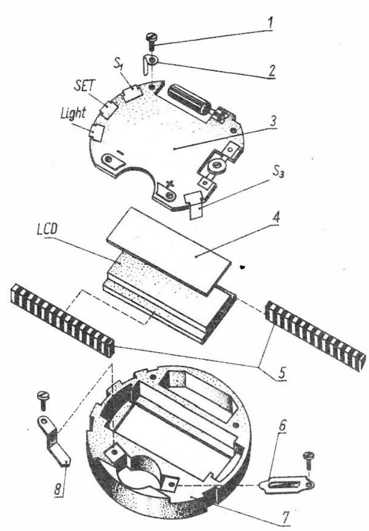


Rys. 3.5.16. Przykładowa konstrukcja płytki montażowej zegarka ze wskaźnikiem LCD: a) widok od strony wskaźnika, b) widok od strony baterii

1 — rezonator kwarcowy, 2 — pola stykowe wskaźnika LCD, 3 — żaróweczka, 4 — układ scalony zegara, 5 — zalewa hermetyzująca, 6 — połączenia lutowane, 7 — otwory metalizowane, 8 — połączenia drukowane



Rys. 3.5.14. Schemat połączeń zewnętrznych zegarka LCD z podwajaczem napięcia



Rys. 3.5.15. Konstrukcja modułu popularnego zegarka ze wskaźnikiem LCD

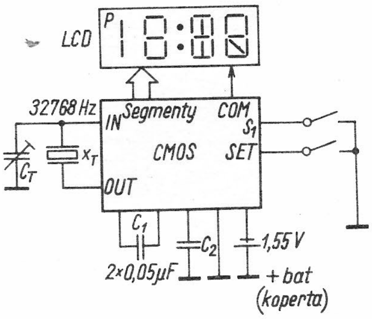
1 — wkręt mocujący płytkę montażową do korpusu, 2 — blaszka — styk z kopertą zegarka, 3 — płytka montażowa, 4 — folia odblaskowa (ewentualnie ze światłowodem), 5 — przepusty z gumy przewodzącej (żebrokorektor), 6 — blaszka sprężysta (plus baterii), 7 — korpus modułu, 8 — blaszka sprężysta (minus baterii)

podwyższonego napięcia (ok. 5 V). Zegarek jest zasilany z dwóch baterii tlenkowo-rtęciowych (2×1,35 V), biegun dodatni baterii jest połączony z kopertą, pobór prądu wynosi 10...15 μA.

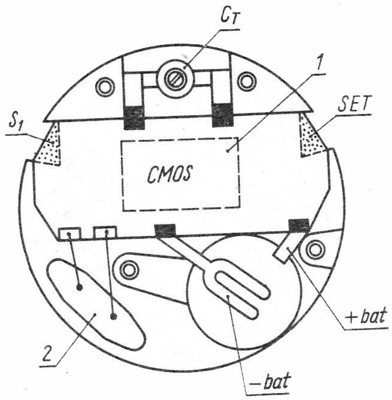
Dzięki udoskonaleniu wskaźników LCD, które dla uzyskania pełnego kontrastu wymagają sterowania napięciem o amplitudzie ok. 3 woltów, znacznie uproszczono konstrukcję zegarka. Napięcie to uzyskuje się w układzie podwajacza napięcia (rys. 3.5.14), a więc do zasilania wystarcza już tylko jedna bateria. Zewnętrzne kondensatory C_1, C_2, o pojemności ok. 50 nF, są niezbędne do filtracji napięcia, a ich brak powoduje zdecydowany spadek lub zanik kontrastu. Kondensatory te są bardzo podobne do kondensatora C z obwodu rezonatora — omyłkowe ich wlutowanie spowoduje oczywiście zanik oscylacji. Oscylator jest zbudowany z zastosowaniem inwertera. Dzięki temu elementy zewnętrzne zostały ograniczone do rezonatora i kondensatorów dostrojczych.

Aby umożliwić oświetlenie wskaźnika LCD w ciemności — zegarki wyposażono w mikrożaróweczkę zasilaną z tej samej lub oddzielnej baterii. Pobór prądu przez żarówkę wynosi ok. 10 mA. Należy ją włączać jak najrzadziej, gdyż każde włączenie podświetlenia skraca żywotność baterii prawie o jeden dzień.

Konstrukcję modułu takiego zegarka pokazano na rys. 3.5.15. Moduł zegarka składa się z płytki montażowej z kompletnym układem elektrycznym zegara, wskaźnika LCD przyłączonego za pośrednictwem przepustów z gumy przewodzącej i odpowiednio uformowanego korpusu plastykowego. Całość jest skręcona czterema wkrętami. Na rysunku 3.5.16 pokazano przykładową konstrukcję płytki montażowej

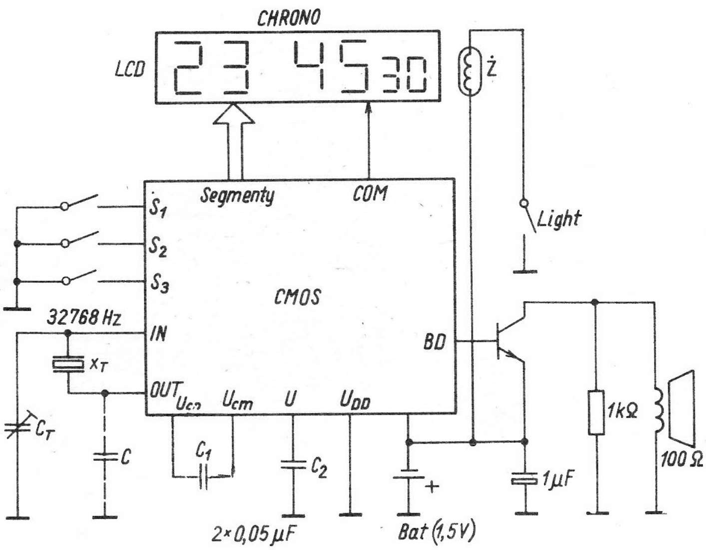


Rys. 3.5.17. Schemat połączeń zewnętrznych zegarka ze wskaźnikiem LCD produkcji krajowej „Unitron"



Rys. 3.5.18. Widok modułu zegarka „Unitron" od dołu
1 — struktura zegarka, 2 — rezonator

Na zakończenie należy wspomnieć o najnowszych konstrukcjach zegarków elektronicznych. Są nimi:
— zegarki z kalkulatorem i grą losową,
— zegarki z analogowym i cyfrowym wskaźnikiem LCD,
— zegarki wskazówkowe z dodatkowym cyfrowym wskaźnikiem LCD.
Praktycznie biorąc, są one niejako kompilacją znanych rozwiązań i zasadą działania nie różnią się od wcześniej opisanych. Są natomiast bardziej precyzyjne oraz o znacznie większym stopniu upakowania elementów, co mniej doświadczonym może sprawić pewne kłopoty w trakcie naprawy.

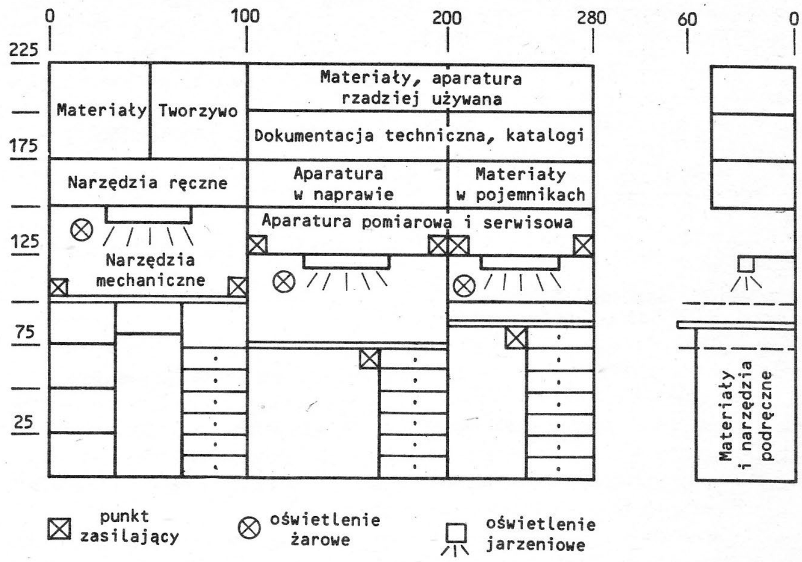


Rys. 3.5.19. Schemat połączeń zewnętrznych zegarka ze wskaźnikiem LCD z alarmem i stoperem

Pobór prądu przez zegarek z baterii (RW 47, UC 392, V 547) wynosi 2...5 μA i przy umiarkowanym korzystaniu z podświetlania wystarcza na ponad rok użytkowania.
Na rysunkach 3.5.17 i 3.5.18 przedstawiono schematy połączeń zewnętrznych i konstrukcję modułu zegarka LCD „Unitron" produkcji krajowej.
W następnej generacji zegarków elektronicznych pojawiły się stopery (timery) i budziki. Schemat połączeń zewnętrznych (rys. 3.5.19) takich zegarków nie odbiega zasadniczo od wcześniej omówionych. Dodatkowym elementem jest tutaj miniaturowy tranzystor bipolarny połączony z cewczką umieszczoną w kubku ferrytowym i przetwornik elektroakustyczny. Dołączony równolegle do baterii kondensator elektrolityczny eliminuje zakłócenia powstające podczas pracy alarmu. Kondensator *C*, w zależności od warunków strojenia, można pominąć. W zegarkach o złożonej budowie pola odczytowego (duża liczba segmentów i symboli) stosuje się sterowanie z multipleksera. Pobór prądu, w trakcie sygnalizacji alarmu, dochodzi do kilkunastu miliamperów, co zdecydowanie wpływa na skrócenie żywotności baterii.

4

Stanowisko napraw kalkulatorów i zegarków elektronicznych



Rys. 4.1.1. Przykład zagospodarowania warsztatu serwisowego

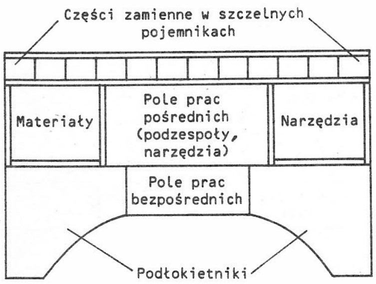
4.1 Organizacja stanowiska do napraw

Właściwie zorganizowane stanowisko pracy niewątpliwie sprzyja dużej sprawności działania. Charakteryzuje się ono ergonomicznym rozmieszczeniem płaszczyzn roboczych, prawidłowym naturalnym i sztucznym oświetleniem, klimatyzacją (temperatura, wilgotność, przepływ świeżego powietrza), higieną oraz ciekawym rozwiązaniem plastycznym. Z reguły skromne warunki lokalowe zmuszają do bardzo funkcjonalnego zagospodarowania całej przestrzeni. Przykład wypraktykowanego przez autora stanowiska warsztatowego przedstawiono na rys. 4.1.1. Jak widać, stanowisko to składa się jakby z trzech oddzielnych warsztatów o różnych poziomach płaszczyzn roboczych. Stanowisko lewe służy do drobnych prac mechanicznych w pozycji stojącej (polerowanie, wiercenie, szlifowanie), środkowe — do napraw kalkulatorów i innej aparatury elektronicznej, a prawe — do napraw zegarków elektronicznych i do prac precyzyjnych. Wprowadzenie trzech rodzajów oświetlenia (naturalne, sztuczne żarowe i jarzeniowe) ma na celu stworzenie optymalnych warunków oświetlenia — niezbędnych przy długich i precyzyjnych pracach.

Przestrzenie rzadziej używane (półki, szafki) powinny być oszklone lub szczelnie zamykane, tak by zminimalizować przedostawanie się pyłu i kurzu. Wszystkie drobne materiały i części powinny być przechowywane w przezroczystych pojemnikach lub woreczkach plastykowych. Po zakończeniu pracy te zespoły, których naprawa nie została zakończona, zamyka się np. w szalkach Petry'ego lub innych pojemnikach, a blat wraz z narzędziami przykrywa się folią plastykową.

Blat stołu jest najczęściej wykonany z laminatu odpornego na podwyższoną temperaturę i rozpuszczalniki. W miejscu wykonywania naprawy warto położyć kawałek miękkiej, porowatej wykładziny, gumy lub linoleum — zapobiega to bowiem zbędnym zarysowaniom naprawianych urządzeń i uniemożliwia stoczenie się narzędzi i drobnych części.

Sposób zagospodarowania powierzchni stołu, na którym wykonuje się prace precyzyjne pokazano na rys. 4.1.2. Przedstawione rozmieszczenie części zamiennych, materiałów i narzędzi jest bardzo wygodne. Pole prac bezpośrednich zajmuje dość małą powierzchnię, zespoły naprawianego mechanizmu oraz często używane narzędzia umieszcza się w polu prac pośrednich.



Rys. 4.1.2. Zagospodarowanie powierzchni roboczej przy pracach precyzyjnych

Istotny wpływ na przebieg prac serwisowych ma rozmieszczenie punktów zasilania. Zdarza się bowiem często, że jednocześnie należy włączyć kilkanaście różnych odbiorników energii elektrycznej, a powstała przy tym plątanina przewodów może znacznie utrudniać przebieg naprawy. Stanowisko warsztatowe zasila się z sieci prądu przemiennego 220 V poprzez główny wyłącznik i dodatkowo chroni bezpiecznikiem topikowym o prądzie znamionowym nie większym niż 6 A. Warto również wyposażyć warsztat w autotransformator (bardzo przydatny przy kontroli jakości stabilizacji obwodów zasilania naprawianych urządzeń), transformator, o przekładni 1 : 1 i mocy nie większej niż 50 V · A, izolujący od bezpośredniego połączenia z siecią (niezbędny w przypadku napraw urządzeń zasilanych bezpośrednio z sieci, a nie wyposażonych we własny transformator), transformator bezpieczeństwa 24 V do zasilania np. lutownic czy lampy przenośnej oraz mierników napięcia i prądu, określających pobór mocy i stabilność sieci zasilającej.

Bardzo ważne, dla uniknięcia zmęczenia i wad postawy, jest krzesło o odpowiedniej wysokości i z elastycznym oparciem wypychającym ciało ku górze. Jeśli jest ono na kółkach, to umożliwia — praktycznie bez wstawania — poruszanie się po całym pomieszczeniu.

Wszystkie prace należy wykonywać w ubraniu ochronnym, tj. fartuchu z naturalnej tkaniny, i w miękkim obuwiu. Czepek na głowie pomaga utrzymać niezbędną higienę, a do niektórych prac precyzyjnych wskazane jest używanie miękkich rękawiczek z tkaniny. Wykładzina podłogowa nie może powodować elektryzowania się znajdujących się na niej przedmiotów. Zjawisku elektryzowania towarzyszy bowiem powstawanie wysokich (do kilku kilowoltów) różnic potencjałów.

4.2 Podstawowe przyrządy pomiarowe

Szybka i prawidłowa naprawa może być wykonana jedynie za pomocą właściwych przyrządów pomiarowych. Równie ważna jest umiejętność prawidłowego posługiwania się nimi.

Przystępując do pomiaru należy odpowiedzieć sobie na kilka podstawowych pytań:

— Co i gdzie chcemy mierzyć?
— Jak i czym chcemy mierzyć oraz co w rzeczywistości mierzymy?
— W jakich warunkach środowiskowych wykonujemy pomiar?
— Jaka jest dokładność pomiaru i jakie są dopuszczalne błędy?

Jest to szeroki wachlarz zagadnień i daleko wykracza on poza ramy tego rozdziału. W praktyce serwisowej, zwłaszcza gdy dysponuje się odpowiednią dokumentacją, z reguły znana jest przybliżona wartość wielkości mierzonej i łatwo jest wówczas uporać się z ewentualnymi niespodziankami.

A oto kilka rad ogólnych:

1) rozpoczynając pomiar wartości napięć wybiera się ten zakres miernika, w którym mieści się wartości napięcia zasilania badanego urządzenia,
2) przy pomiarach wartości prądów zasadniczo wybiera się zakres najwyższy,
3) do pomiarów używa się mierników sprawnych,
4) w sytuacjach wątpliwych przyrząd sprawdza się za pomocą wzorca lub okresowo testuje,
5) używa się właściwych sond, kabli i ostro zakończonych, czystych końcówek pomiarowych,
6) pomiary wykonuje się zasadniczo w obwodach o najmniejszej impedancji,
7) przy pomiarach prądów zmiennych przestrzega się właściwego uziemienia przyrządów,
8) wyniki pomiarów znacznie odbiegające od spodziewanych odrzuca się, a pomiary — powtarza.

Do podstawowych przyrządów pomiarowych należy zaliczyć:

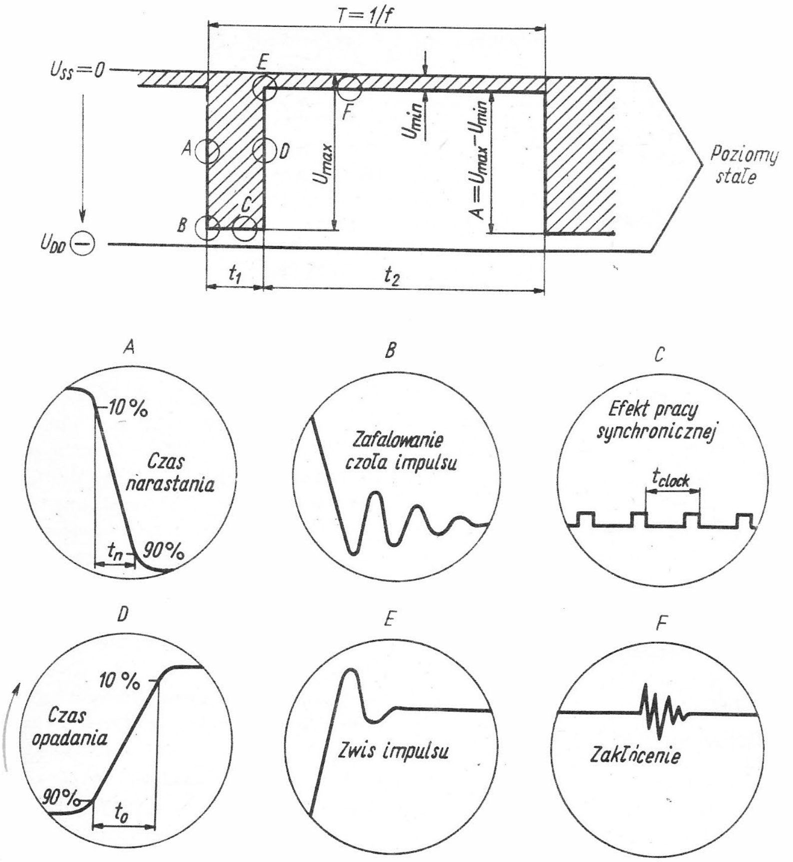
1. *Multimetr analogowy*, czyli wskazówkowy przyrząd uniwersalny o następujących zakresach pomiarowych:
— napięcie stałe 1...1000 V ($R_{wew} \geqslant 20$ kΩ/V lub stała i większa niż 100 MΩ),
— napięcie zmienne (0,02...20 kHz) 1...600 V,
— prąd stały 10 μA...5 A,
— rezystancja 1...100 MΩ.

Zamiast drogiego multimetru można stosować dość prosty miernik uniwersalny oraz czuły mikroamperomierz, lub też — mając na uwadze bardziej skomplikowane pomiary — sprawić sobie również multimetr cyfrowy, którego cena jest coraz niższa.

2. *Oscyloskop serwisowy*. Umożliwia on określenie kształtu sygnału elektrycznego w funkcji czasu. Posługując się oscyloskopem jako narzędziem uniwersalnym, tj. regulując wzmocnienie (oś pionowa) i podstawę czasu (oś pozioma), dobierając warunki synchronizacji oraz przesuwając obserwowany przebieg w polu pomiarowym, można określić parametry sygnału elektrycznego takie, jak poziom i polaryzacja składowej stałej sygnału, amplituda, częstotliwość, przesunięcie fazowe, współczynnik wypełnienia, kształt i nachylenie zboczy (czasy narastania i opadania) oraz modulacja sygnału, odbicia, liczba impulsów, impulsy zegarowe oraz zakłócenia (wzbudzenia) i stabilność oscylacji. Charakterystyczne oscylogramy przedstawiono na rys. 4.2.1.

Oscyloskop serwisowy powinien charakteryzować się następującymi podstawowymi parametrami:
— zakres częstotliwości 0...10 MHz,
— zakres wzmocnień 10 mV...
...100 V na działkę,
— zakres częstotliwości podstawy czasu 0,1 μs...1 s na działkę,
— rezystancja wejściowa 1 MΩ z równoległą pojemnością 30 pF,
— pole pomiarowe nie mniejsze niż 7×10 cm.

3. *Generator serwisowy*. Jest on źródłem okresowych drgań elektrycznych służących do kontroli



Rys. 4.2.1. Charakterystyczne oscylogramy przebiegu prostokątnego

dzielników częstotliwości, charakterystyk wzmacniaczy itp. Generator serwisowy powinien mieć następujące podstawowe parametry:

— zakres częstotliwości 1 Hz... ...1 MHz,

— zakres amplitud 0...15 V z możliwością regulacji składowej stałej w zakresie ±5 V,

— rezystancja wyjściowa 600 lub 50 Ω,

— kształt impulsów sinusoidalny i prostokątny z możliwością regulacji współczynnika wypełnienia.

4. *Cyfrowy miernik częstotliwości.* Stanowi on przyrząd do kontroli i strojenia generatorów (także kwarcowych), kontroli pracy dzielników częstotliwości oraz do zliczania impulsów. Przyrząd ten powinny charakteryzować następujące parametry:

— stabilność podstawy czasu nie gorsza niż 10^{-8},

— zakres częstotliwości do 10 MHz (7 cyfr),

— czułość ok. 100 mV.

4.3 Przyrządy serwisowe

Do tej grupy zalicza się następujące przyrządy.

1. *Zasilacz stabilizowany,* który pełni funkcję źródła stabilizowanych napięć oraz prądów i jest nieodzowny przy wszelkich naprawach. Zasilacz taki powinien zawierać:

— dwa niezależne kanały *A* i *B* (możliwość pracy szeregowej i równoległej) o zakresie napięć 0...10 V regulowanych płynnie i napięciach 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 oraz 9,0 V, wybieranych skokowo,

— zakresy: 10 V, 20 V, wybierane skokowo,

— ograniczenia prądowe (np. do 1, 20, 60, 200, 600 mA) i wskaźnik poboru prądu o zakresie ok. 20 μA dla ograniczenia 1 mA i dalej jak zakresy ograniczeń,

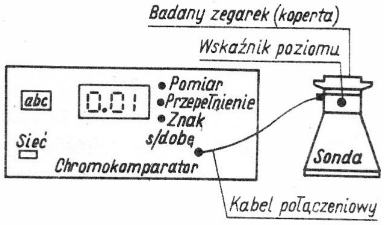
— zasilacz stabilizowany +5 V/1 A (zasilanie układów TTL),

— zasilacz niestabilizowany ok. 150 V/100 mA (zasilanie wskaźników jarzeniowych i układów lampowych) z zabezpieczeniem przed zwarciem za pomocą rezystora szeregowego (ok. 100 Ω).

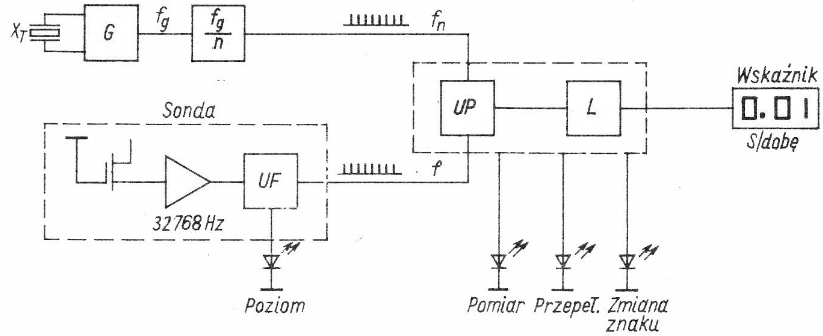
Stosowanie ograniczeń prądowych chroni zasilacz przed zwarciem, a więc i uszkodzeniem, a jednocześnie ogranicza pobór prądu wadliwie pracującego odbiornika. Wskaźniki zaś informują nas o poborze prądu przez badany układ i jest to pierwsza informacja o prawidłowości funkcjonowania zasilanego urządzenia. Opis serwisowego zasilacza znajduje się na końcu książki.

2. *Chronokomparator* — przyrząd służący do kontroli odchyłki dobowej zegarków elektronicznych. Poszczególne typy chronokomparatorów są przeznaczone do badania określonych typów rezonatorów kwarcowych (najczęściej o częstotliwości 32 768 Hz).

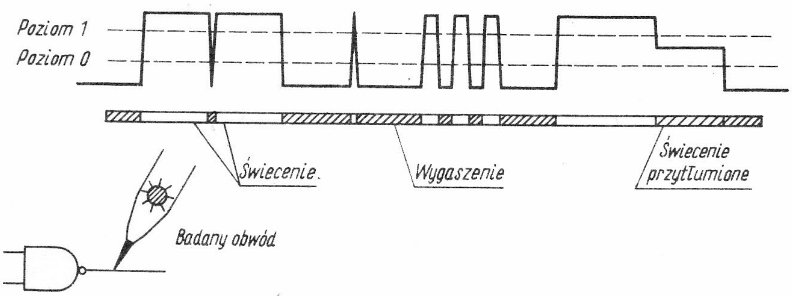
Zegarek poddawany regulacji umieszcza się na sondzie pomiarowej (rys. 4.3.1), w której znajduje się antena odbiorcza ze wzmacniaczem selektywnym. Dzięki takiemu sprzężeniu obwód rezonansowy oscylatora nie ulega rozstrojeniu. Na wskaźniku cyfrowym odczytuje się bezpośrednio przyspieszenie lub opóźnienie zegarka z dokładnością 0,01 s na dobę. Zamiast wskaźnika cyfrowego chronokomparator może zawierać prosty wychyłowy wskaźnik równowagi. Wyższej klasy chronokomparatory mają dodatkowo wbudowany zegar wzorcowy oraz zasilacz 1,5 i 3,0 V z miernikiem prądu ciemnego. Schemat blokowy chronokomparatora przedstawiono na rys. 4.3.2. Bardzo słabe promieniowanie elektromagnetyczne, wytwarzane przez rezonator kwarcowy, zostaje przechwycone drogą sprzężenia pojemnościowego przez selektywny i o dużej impedancji obwód wejściowy sondy. Następnie, w kilkustopniowym wzmacniaczu selektywnym, zestrojonym na częstotliwość ok. 32 kHz, następuje wzmocnienie sygnału wejściowego do poziomu kilku woltów. W kolejnym etapie sinusoidalny sygnał wejściowy jest przekształcany na impulsy prostokątne, które sterują wskaźnik poziomu i układ porównania częstotliwości (z reguły dzieli się jeszcze częstotliwość tych impulsów). W wysokostabilnym generatorze kwarcowym wytwarza się



Rys. 4.3.1. Zestaw do pomiaru odchyłki dobowej



Rys. 4.3.2. Schemat blokowy chronokomparatora



Rys. 4.4.1. Wskazania próbnika stanów logicznych w zależności od kształtu impulsu

sygnał o częstotliwości wzorcowej f_g, która następnie zostaje zmniejszona w układzie dzielnika do częstotliwości f_n. Obecnie dwa sygnały, tj. badany o częstotliwości f_z i wzorcowy o częstotliwości f_n, zostają porównane cyfrowo (np. w liczniku rewersyjnym), a wynik wyświetlony na trójdekadowym wskaźniku cyfrowym. Częstotliwość f_n i czas pomiaru są tak dobrane, aby wskazywana odchyłka była wyrażona w sekundach na dobę. Dokładność pomiaru wynosi 10^{-2} s. Licznik jest dodatkowo źródłem sygnałów sterujących diody LED informujące o czasie pomiaru, przepełnieniu licznika powyżej odchyłki 9,99 s/dobę oraz zmiany znaku odchyłki na ujemny. Opis prostego chronokomparatora znajduje się na końcu książki.

Strojąc zegarek musimy uwzględnić efekty temperaturowe i przestrojenie się zegarka w wyniku zamknięcia metalowej koperty. Dlatego należy pozostawić dodatnią odchyłkę (np. +0,05 s/dobę lub +0,1 Hz). Wskazane jest wykonywanie strojenia bezpośrednio po zdjęciu zegarka z ręki.

Zamiast specjalistycznego chronokomparatora można również stosować miernik częstotliwości z sondą selektywną. Posługując się wówczas tabelą przeliczeniową znajduje się odchyłkę dobową zegarka w zależności od rozstrojenia oscylatora. Dla rezonatora 32768 Hz zależność tę podano w tabl. 3.3.

3. *Zegar wzorcowy*, tj. kwarcowy chronometr o stabilności ok. 10^{-8}, który zapewnia odchyłkę około 1 s na miesiąc (wzorzec czasu). Zamiast drogiego i niedostępnego chronometru można stosować zegarek naręczny wysokiej klasy lub zegar stołowy z kwarcową podstawą czasu. Dla ułatwienia ustawiania czasu zegar taki powinien być wyposażony w stale wyświetlany sekundnik.

4. *Mikroskop techniczny*, tj. przyrząd optyczny najczęściej dwuokularowy, który daje nieodwrócony obraz przestrzenny z możliwością regulacji powiększenia od kilku do ok. 30 razy.

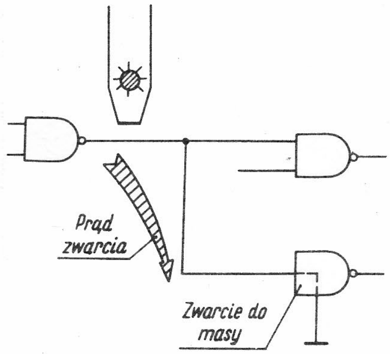
4.4 Testery, próbniki i sondy serwisowe

W praktyce serwisowej jest niezbędna umiejętność szybkiej oceny stanu (zły — dobry) zespołu lub elementu. Do tego celu służą testery oraz pośrednio próbniki i wskaźniki. Najbardziej popularnym testerem jest *omomierz*, za pomocą którego można szybko stwierdzić przerwę lub zwarcie w badanym elemencie, ocenić upływność i pojemność kondensatorów, a także sprawdzić diodę czy tranzystor.

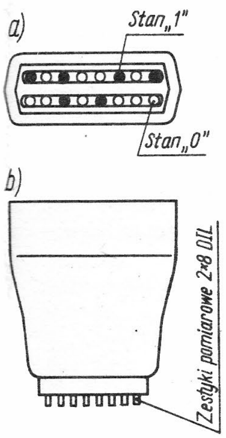
W praktyce serwisowej mają zastosowanie następujące próbniki i sondy pomiarowe:

1. *Napięciowy próbnik stanów logicznych*, tj. wskaźnik umożliwiający obserwację i rejestrację zmian napięcia w określonym zakresie poziomów w jednym punkcie pomiarowym. Na ogół jest on dostosowany do poziomów napięciowych stanów logicznych układów TTL, ale bywają również próbniki uniwersalne z nastawianym poziomem dyskryminacji. Sygnalizacja stanów może odbywać się przez zmianę intensywności świecenia diody LED lub żaróweczki, dwóch lub trzech diod lub odpowiednich segmentów wskaźnika siedmiosegmentowego. Sposób sygnalizacji stanów logicznych w zależności od kształtu impulsów pokazano na rys. 4.4.1. Jak widać, przy użyciu bardzo prostego narzędzia można uzyskać znaczną ilość informacji czasowo-amplitudowych o badanym przebiegu. Standardowy próbnik układów TTL powinien sygnalizować: stan zera logicznego (do 0,8 V), stan jedynki logicznej (od 2,4 V), stan pośredni (sygnalizowany przy odłączeniu — próbnik w powietrzu) pojedynczy impuls, ciąg impulsów prostokątnych o określonym wypełnieniu i częstotliwości, stan zwarcia do masy oraz stan napięcia zasilania (5 V).

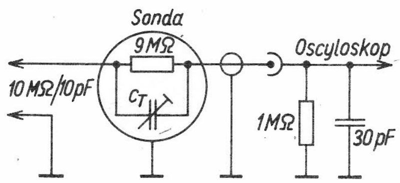
2. *Prądowy próbnik stanów logicznych*, który umożliwia stwierdzenie



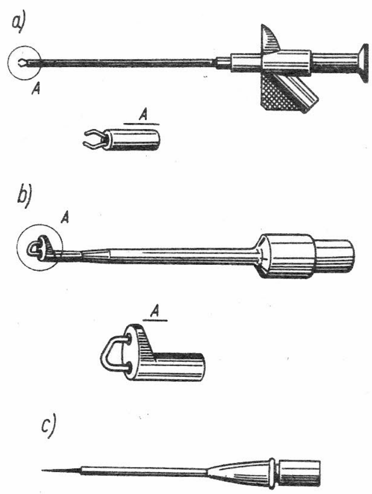
Rys. 4.4.2. Lokalizacja zwarcia próbnikiem prądowym



Rys. 4.4.3. Klips logiczny: a) widok z góry, b) widok z boku



Rys. 4.4.4. Sonda oscyloskopowa z podziałem 1 : 10



Rys.4.4.5. Chwytaki pomiarowe (a,b) i bolec pomiarowy (c)

przepływu prądu w badanym obwodzie bez potrzeby jego rozwierania. Impuls prądowy w przewodzie (ścieżce drukowanej) powoduje zaindukowanie w czujniku impulsu napięciowego, który następnie, po wzmocnieniu i dyskryminacji ustawionego poziomu czułości, steruje wskaźnik. Przesuwając próbnik wzdłuż ścieżki drukowanej (rys. 4.4.2) od źródła sygnału (np. wyjście badanej bramki) do jej rozgałęzienia przy wejściu do następnej bramki zaobserwujemy w miejscu rozgałęzienia spadek intensywności świecenia, a w przypadku zwarcia (np. na wejściu bramki) zupełne wygaszenie wskaźnika.

3. *Klips logiczny* (rys. 4.4.3), tj. zespół diod LED nakładany na wyprowadzenia układu scalonego, sygnalizujący aktualnie stany logiczne na tych wyprowadzeniach. Próbnik ten nie ma pamięci, jest zasilany z badanego układu i przystosowany do układów standardowych TTL o obudowie dwurzędowej o czternastu lub szesnastu wyprowadzeniach.

4. *Pulser,* tj. generator wyzwalany, który wytwarza silny impuls prądowy. Przy użyciu takiego pulsera można wymuszać w obwodach TTL stany wysokie i analizując zmiany stanów na wyjściach bramek wnioskować o ich pracy.

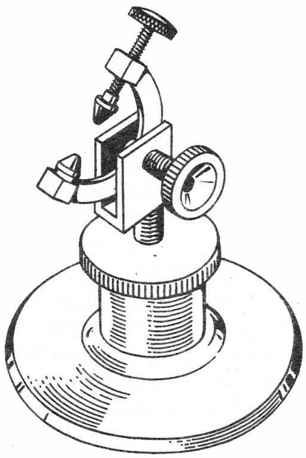
5. *Sonda oscyloskopowa.* Jest ona prostym i bardzo przydatnym narzędziem umożliwiającym rozszerzenie zakresu częstotliwości badanych przebiegów. W praktyce wystarcza sonda pasywna, o układzie jak na rys. 4.4.4, realizująca podział amplitudy w stosunku 1 : 10, o impedancji wejściowej 10 MΩ równolegle z pojemnością ok. 10 pF. Trymer C_T służy do kompensacji charakterystyki częstotliwościowej.

6. *Końcówki pomiarowe.* Są to te elementy pomiarowe, które bezpośrednio stykają się z badanym zespołem. Zalicza się do nich bolce pomiarowe, wtyczki bananowe, krokodylki, chwytaki i minichwytaki oraz klipsy pomiarowe. Końcówka pomiarowa musi zapewniać łatwy, stały i stabilny kontakt w punkcie pomiarowym. Często warstwa tlenku, topik lub inne zabrudzenia są przyczyną błędnego pomiaru. Dlatego też końcówki pomiarowe nie mogą łatwo ulegać korozji, muszą poza tym wykazywać dostateczną sprężystość, ostrość i twardość. Na rysunku 4.4.5 pokazano konstrukcje popularnych chwytaków i bolec pomiarowy. Przykładem praktycznej końcówki serwisowej służącej do zasilenia modułu badanego zegarka są, wykonane z zużytej baterii i podłączone do zasilacza „makiety baterii".

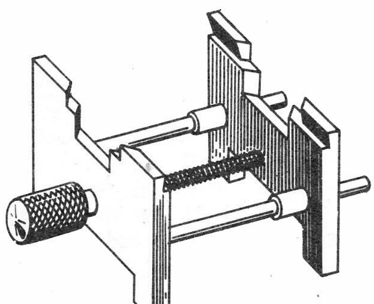
7. *Kable pomiarowe.* Jako kable pomiarowe należy stosować przewody o podwyższonej wytrzymałości, np. z dodatkową cienką żyłą stalową, o stosunkowo dużym przekroju (do 1 A) i o całkowitej impedancji nie większej niż 1 Ω, w elastycznej osnowie odpornej na podwyższoną temperaturę i izolacji, umożliwiającej bezpieczny pomiar napięć ponad 600 V. Kabel jest najbardziej narażony na złamanie w miejscu połączenia z końcówką pomiarową. Wskazane jest zatem wykonać to łączenie na zacisk, skręcenie żył lub przykręcenie zarobionego oczka. Połączenie lutowane z uwagi na utratę elastyczności miedzi z reguły nie zdają egzaminu i po krótkim czasie następuje ułamanie przewodu. By ograniczyć szkodliwe zginanie przewodu w miejscu połączenia, należy dodatkowo naciągnąć na kabel usztywniającą polietylenową koszulkę na długości ok. 5 cm. Kable pomiarowe przechowuje się na wieszaku w pozycji swobodnej, zbędne zginanie i skręcanie przyspiesza ich zużycie.

4.5 Narzędzia ręczne i mechaniczne

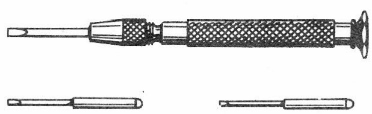
Pokaż mi swoje narzędzia, a powiem, jakim jesteś rzemieślnikiem — to hasło powinno obowiązywać przy kompletowaniu, zakupie i konstrukcji własnych narzędzi. Prawidłowo zaprojektowane, ergo-



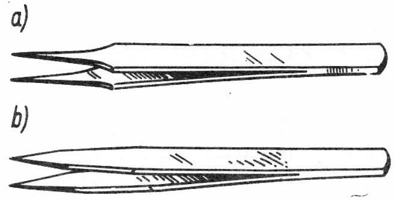
Rys. 4.5.1. Imadełko do prac mikroelektronicznych



Rys. 4.5.2. Imadełko do mocowania modułów



Rys. 4.5.3. Wkrętak zegarmistrzowski z wymiennymi końcówkami



Rys. 4.5.4. Pęsety zegarmistrzowskie: a) włosowa, b) precyzyjna



Rys. 4.5.5. Stroik do regulacji trymerów



Rys. 4.5.6. Wybijak zegarmistrzowski



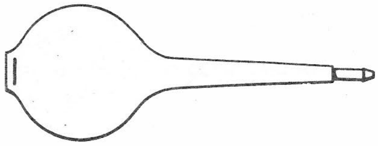
Rys. 4.5.7. Oprawka z wymiennym nożykiem typu skalpel



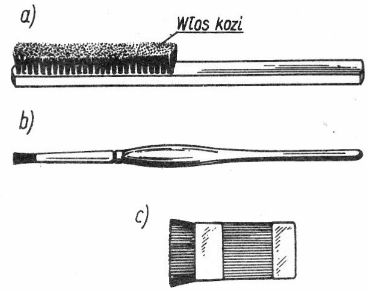
Rys. 4.5.8. Łopatka



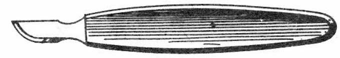
Rys. 4.5.9. Szpila



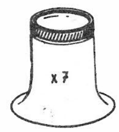
Rys. 4.5.10. Gruszka gumowa



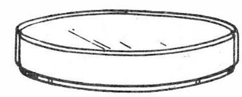
Rys. 4.5.11. Szczotki i pędzle: a) szczotka z włosiem miękkim, b) pędzel z włosiem twardym, c) szczotka z drutu mosiężnego



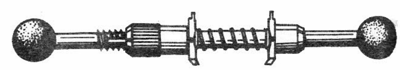
Rys. 4.5.12. Nożyk do otwierania kopert



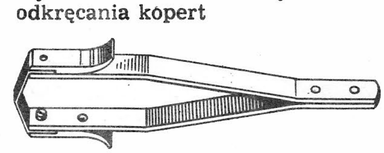
Rys. 4.5.13. Lupka zegarmistrzowska



Rys. 4.5.14. Szklane pudełko (szalka Petry'ego)



Rys. 4.5.15. Uniwersalny klucz do odkręcania kopert



Rys. 4.5.16. Przyrząd do zdejmowania izolacji

nomiczne i solidne narzędzia to połowa sukcesu, praca nimi będzie bezpieczna i wydajna. Kompletacja narzędzi jest dobrą szkołą życia, albowiem większość z nich nie jest dostępna na naszym rynku. W niektóre z nich można zaopatrzyć się w sklepach ze sprzętem medycznym, część można kupić tylko za granicą lub sprowadzić do kraju, a część należy wykonać we własnym zakresie. Warto jednak poświęcić temu problemowi więcej czasu, złotówek, a nawet dewiz, albowiem inwestycja ta szybko zaprocentuje.

Aby ułatwić metodyczne wyposażenie warsztatu w narzędzia, wyodrębnijmy w nich następujące grupy:

— narzędzia do precyzyjnych prac mechanicznych (narzędzia zegarmistrzowskie),

— narzędzia do prac mikroelektronicznych,

— przyrządy optyczne,

— narzędzia do prac elektronicznych,

— narzędzia do prac ślusarskich i mechanicznych.

A oto niezbędne zestawy narzędzi w poszczególnych grupach (niektóre z nich przedstawiono na rysunkach 4.5.1—4.5.16).

1. *Narzędzia zegarmistrzowskie:*

1) komplet precyzyjnych śrubokrętów zegarmistrzowskich,

2) komplet precyzyjnych stalowych pęset (tzw. włosowych),

3) nożyk lub specjalny przyrząd do otwierania kopert zatrzaskowych,

4) suwmiarka uniwersalna (250 mm) (służąca również do odkręcania i zakręcania kopert),

5) przyrząd do demontażu teleskopów lub specjalnie przeznaczona do tego celu pęseta.

6) komplet wybijaków zegarmistrzowskich (wystarczy ∅ 2 mm do wybijania uszkodzonych przycisków),

7) komplet pilniczków (tzw. iglaków),
8) młotek zegarmistrzowski z kowadełkiem,
9) imadło zegarmistrzowskie,
10) mała strzykawka do smarowania trudno dostępnych miejsc,
11) szczotka, pędzelek o miękkim włosiu (kozim) do odkurzania szkiełek, wskaźników itp.,
12) szczotka z twardym włosiem (może być szczotka do mycia zębów),
13) mały pędzelek z przyciętym włosiem do przemywania spirytusem (plastykowy),
14) gumowa gruszka do odkurzania,
15) miękka skórka lub ircha,
16) sprana flanelowa ściereczka,
17) mały młoteczek,
18) pipeta do wprowadzania małych ilości rozpuszczalników,
19) pręcik na waciki do smarowania lub klejenia,
20) szklane pojemniczki do przechowywania elementów (szalki Petry'ego),
21) klocek z twardego drewna z wywierconymi otworami o średnicach 2...5 mm do drobnych prac mechanicznych,
22) plastykowe pojemniczki.

2. *Narzędzia do prac mikroelektronicznych:*

1) oprawka z wymiennymi nożykami typu skalpel,
2) nożyki typu skalpel ze stałą rękojeścią,
3) cęgi boczne (precyzyjne) do cięcia drutu o średnicach mniejszych niż 1 mm,
4) szczypy precyzyjne wąskie płaskie (nieradełkowane),
5) szczypy precyzyjne płaskie radełkowane,
6) komplet pęset płaskich,
7) pęseta zakrzywiona (stomatologiczna),
8) pęseta plastykowa do montażu baterii pastylkowych,
9) szpila stalowa do prac pod mikroskopem,
10) bolec do ustawiania czasu w zegarkach elektronicznych,
11) szpila z tępym końcem do klejenia drobnych elementów,
12) szpila plastykowa (wykałaczka) do prac pod mikroskopem (usuwanie zanieczyszczeń z gołych struktur),
13) mały płaski pędzel o miękkim włosiu do usuwania drobnych zanieczyszczeń,
14) pędzel płaski do przemywania spirytusem płytek drukowanych,
15) kuweta fotograficzna (emaliowana),
16) bransoleta uziemiająca z przewodem zakończonym krokodylkiem,
17) palnik spirytusowy,
18) łopatka stomatologiczna do demontażu elementów,
19) żyletki,
20) uchwyt samocentrujący do założenia igły lub małego wiertełka,
21) imadełko do mocowania modułów zegarków elektronicznych,
22) uchwyt na przegubie do zamocowania drobnych konstrukcji,
23) imadełko ręczne,
24) kawałek twardego filcu do usuwania osadów z powierzchni stykowych baterii,
25) gąbka z gumy przewodzącej,
26) przewody zasilające i pomiarowe zakończone igiełkami,
27) suszarka elektryczna na statywie.

3. *Przyrządy optyczne:*

1) lupy zegarmistrzowskie (np. ×4 i ×9) do niektórych prac mikroelektronicznych,
2) lupa (np. ×4) do wykrywania zimnych lutów, pęknięć i zwarć ścieżek,
3) mikroskop techniczny o powiększeniu ok. 30 razy,
4) lampka przenośna o silnym strumieniu światła,
5) mikroskop piórowy do stwierdzania uszkodzeń mechanicznych struktur.

4. *Narzędzia do prac elektronicznych:*

1) cęgi boczne do cięcia drutów,
2) szczypy uniwersalne (kombinerki),
3) komplet wkrętaków elektrycznych płaskich,
4) wkrętaki elektryczne krzyżowe,
5) przyrząd do zdejmowania izolacji,
6) nożyczki chirurgiczne,
7) nożyczki zwykłe,
8) komplet kluczy płaskich o numerach od 4 do 10,
9) komplet kluczy sztorcowych o numerach od 4 do 14,
10) komplet kluczy wpustowych (sześciokątnych) od 2 do 10,
11) lutownica elektryczna ok. 60 W z kompletem wymiennych grotów,
12) lutownica elektryczna ok. 15 W,
13) szczotka z mosiężnych drucików do czyszczenia grotów miedzianych,
14) gąbka do czyszczenia grotów (nawilżania wodą),
15) gąbka poliuretanowa do amortyzacji w trakcie odsysania,
16) odsysacz cyny,
17) lusterko dentystyczne,
18) wykładzina filcowa lub gruba tkanina,
19) pędzelek do odkurzania,
20) pęseta płaska.

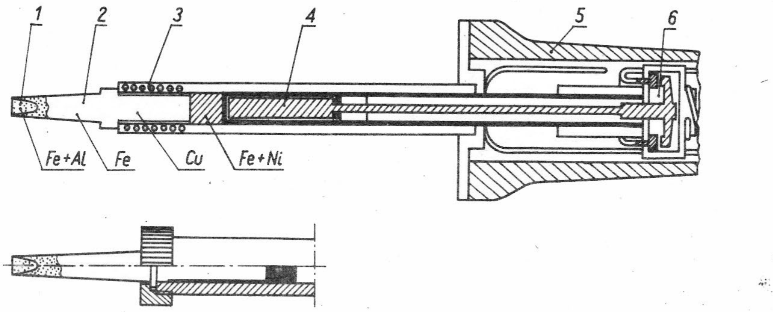
5. *Narzędzia do prac ślusarskich i mechanicznych:*

1) imadło ślusarskie (obrotowe),
2) kowadełko,
3) zestaw pilników ślusarskich do metali i tworzyw sztucznych,
4) piłka do metali i tworzyw sztucznych,
5) klucze nastawne,
6) szczotka mosiężna,
7) osełka drobnoziarnista,
8) wiertarka elektryczna ze statywem,
9) komplet wierteł o średnicach od 0,5 do 10 mm,
10) komplet gwintowników i narzynek,
11) szlifierko-polerka z tarczą gumową i filcową,
12) wiertarka szybkoobrotowa do wykonywania otworów w obwodach drukowanych.

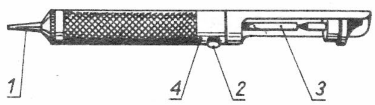
4.6 Przyrządy i materiały do lutowania

Niezawodność układów elektronicznych zależy głównie od trwałości połączeń, zwłaszcza lutowanych. Jakość połączeń lutowanych jest funkcją umiejętności oraz stosowanych narzędzi, topnika i lutu oraz rodzaju łączonych materiałów lub ich powłok ochronnych. Przy lutowaniu korzysta się z następujących narzędzi i materiałów: lutownica z wyposażeniem, odsysacz cyny, materiały i przyrządy pomocnicze, lut z topnikiem, roztwór kalafonii technicznej w spirytusie bezwodnym (lakier lutowniczy) ewentualnie pasta lutownicza i rozpuszczalniki do odtłuszczania, imadełko, uchwyty pomocnicze.

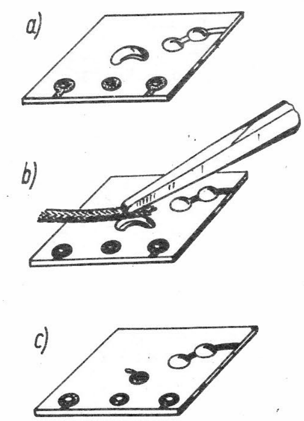
1. *Lutownica* służy do podgrzania łączonych powierzchni i roztopienia lutu wraz z topnikiem. Największą popularność zdobyły lutownice z grzejnikiem oporowym zasilanym napięciem zmiennym 24 lub 220 V.



Rys. 4.6.1. Lutownica z zestykiem magnetycznym
1 — pobielenie, 2 — grot, 3 — grzejnik, 4 — magnes, 5 — rękojeść, 6 — zestyk sterujący



Rys. 4.6.2. Odsysacz cyny
1 — wymienna końcówka teflonowa, 2 — spust, 3 — tłoczysko, 4 — korpus



Rys. 4.6.3. Usuwanie lutu za pomocą oplotu miedzianego

Na rysunku 4.6.1 przedstawiono lutownicę z automatyczną stabilizacją temperatury grota. Moc tej lutownicy zależy od rodzaju użytego grotu. Lutownica tego typu wraz z kompletem wymiennych grotów całkowicie zaspokaja potrzeby serwisowe. Regulację i stabilizację temperatury uzyskuje się dzięki magnetycznym właściwościom stopu żelazo-nikiel (Fe-Ni), z którego jest wykonana końcówka wymiennego grotu. Temperatura punktu Curie materiału użytego na grot zależy od proporcji składników stopu, a przekroczenie jej powoduje utratę właściwości magnetycznych końcówki grotu i tym samym odłączenie obwodu zasilania grzejnika. Praca lutownicy w warunkach zmiennego obciążenia umożliwia stosowanie grzejnika o zwiększonej mocy, co w rezultacie powoduje szybkie jej rozgrzewanie (np. lutownica marki „Weller" o znamionowej mocy 60 W pozwala, w zależności od rodzaju użytego grotu, uzyskać moc 15... ...80 W oraz temperaturę 260... ...400°C). Przy posługiwaniu się taką lutownicą należy pamiętać, że:

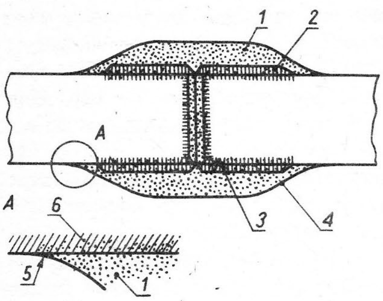
1) moc lutownicy zależy od zastosowanego grotu,
2) końcówka grotu powinna być czysta, ponieważ musi przylegać na całej powierzchni do zestyku magnetycznego lutownicy,
3) ocynowany grot (miedź utwardzona cienką warstwą elektrolitycznego żelaza) powinien być zawsze oczyszczony z topnika i produktów utleniania za pomocą specjalnej gąbki uprzednio zwilżonej w wodzie. Używanie do czyszczenia grotu ostrych narzędzi powoduje ścieranie ochronnej warstwy żelaza, znacznie zwiększającej żywotność grotu i przeciwdziałającej nadmiernemu powstawaniu produktów utleniania,
4) kształt grotu lub końcówki lutowniczej należy dobierać w zależności od rodzaju prowadzonych prac,
5) podczas prac lutowniczych należy chronić lutownicę przed opiłkami żelaza, a podstawka pod lutownicę nie powinna być wykonana ze stali.

Lutownice z grotami miedzianymi utrzymuje się w czystości, usuwając nadmiar cyny, topnika i produkty utleniania szczoteczką mosiężną. Ważne jest również umiejętne pobielenie grotu nowo nabytej lutownicy. Czysty grot po wstępnym podgrzaniu wprowadza się na chwilę do kalafonii lub pasty lutowniczej, a dopiero następnie do lutu. Prawidłowo pobielony grot lutownicy umożliwia lutowanie bardzo drobnych elementów, cienkich drucików i ścieżek połączeń drukowanych.

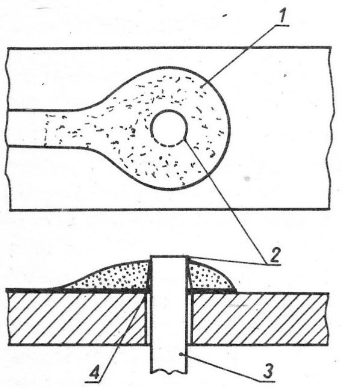
2. *Odsysacz cyny* służy do usuwania lutu (cyny) z przestrzeni między wyprowadzeniem (nóżką) elementu, a otworem w płytce drukowanej. Swoją konstrukcją (rys. 4.6.2) przypomina pompkę. Roztopiony za pomocą lutownicy lut jest, w chwili zwolnienia spustu odsysacza, wysysany do wnętrza poprzez teflonową końcówkę. Przed następnym użyciem należy wcisnąć tłoczysko do pozycji roboczej (napięte tłoczysko). Część wessanego uprzednio lutu zostaje usunięta na zewnątrz (po dłuższym używaniu należy odkręcić wymienną końcówkę teflonową i usunąć nagromadzony na denku tłoczyska zastygły lut). W chwili zwalniania spustu odsysacz wykonuje gwałtowny ruch bezwładnościowy w kierunku do płytki drukowanej i dlatego też, aby nie uszkodzić delikatnych elementów (szklane wskaźniki itp.), pod płytkę należy podłożyć gąbkę, która będzie amortyzowała uderzenie. Należy również uważać, aby w trakcie odsysania nie wyrwać wraz z lutowiem ścieżki lub metalizacji z otworu.

Przy usuwaniu lutu z miejsc niedostępnych lub małej jego ilości można posłużyć się kawałkiem cienkiego oplotu miedzianego, np. zdjętego z kabla koncentrycznego (rys. 4.6.3). Roztopiona cyna zostanie wówczas wchłonięta w oplot. Innym sposobem jest użycie samej lutownicy o uprzednio dokładnie oczyszczonym (za pomocą gąbki) i zanurzonym w kalafonii grocie.

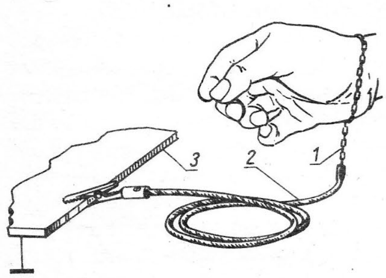
3. *Luty*. Luty cynowe są to stopy cyny i ołowiu oraz niekiedy srebra o zawartości ok. 60% cyny, a temperatura topnienia powyżej 180°C. Druty wykonane z takiego lutu, wypełnione w środku topnikiem, tj. głównie kalafonią techniczną, w zależności od zastosowań mają średnice 1...5 mm. Dobrej jakości lut cha-



Rys. 4.7.1. Połączenie lutowane
1 — lut (Sn+Pb), 2 — warstwa zwilżonego lutu, 3 — warstwa wpenetrowanego lutu, 4 — warstwa topnika, 5 — zwilżenie, 6 — materiał



Rys. 4.7.2. Lut zimny
1 — połączenie drukowane, 2 — charakterystyczne pęknięcie, 3 — łączówka, 4 — brak zwilżenia



Rys. 4.7.3. Sposób uziemienia ręki przy pracach mikroelektronicznych
1 — bransoleta, 2 — przewód uziemiający, 3 — guma przewodząca

rakteryzuje się ciemnym metalicznym połyskiem, a po zbliżeniu grotu łatwo ulega roztopieniu. Dobrze wypełnia szczeliny i zagłębienia, a po zastygnięciu jest gładki i połyskujący z cienką warstwą topnika na wierzchu. Do prac mikroelektronicznych należy stosować luty importowane, np. lut H 52.

4. *Topnik*. Topnik służy do ochrony łączonych powierzchni przed utlenianiem, polepsza przenikanie ciepła, zmniejsza napięcie powierzchniowe lutu oraz akumuluje w sobie produkty utleniania. W elektronice jako topnika używa się głównie kalafonii technicznej lub jej roztworów w spirytusie (w stosunku 1 : 4).

4.7 Lutowanie, montaż i demontaż podzespołów w technologii połączeń drukowanych

Lutowanie jest podstawowym sposobem łączenia elementów w technologii połączeń drukowanych. Prawidłowe lutowanie stanowi podstawowy warunek osiągnięcia wymaganej niezawodności układów elektronicznych. Lutowanie jest procesem fizyko-chemicznym, polegającym na łączeniu metali za pomocą adhezyjnego lutu metalicznego doprowadzonego do stanu topnienia i wypełniającego przestrzeń między łączonymi metalami. Warunkiem powstania prawidłowego połączenia jest wytworzenie na powierzchni łączonych metali adhezyjnej warstwy przejściowej lutu, związanej siłami cząsteczkowymi. Proces wytwarzania tej warstwy nazywa się *pobielaniem* lub *zwilżaniem* łączonych metali.

Przed przystąpieniem do pobielania należy najpierw usunąć z powierzchni metali wszelkie zanieczyszczenia i warstwy ochronne metodami mechanicznymi (skrobanie, przemywanie rozpuszczalnikami), a następnie, jeżeli jest to konieczne, również metodami chemicznymi (trawienie). Tak przygotowaną powierzchnię należy pokryć cienką warstwą topnika, aby uniemożliwić dalsze utlenianie się łączonych powierzchni. Dopiero teraz, używając niewielkiej ilości lutu z topnikiem wytwarzamy cienką, wnikającą w głąb metalu, silnie adhezyjną warstwę. Prawidłowo zwilżony lutem cynowym metal charakteryzuje się, po zestaleniu lutu, gładką, połyskującą powierzchnią, pokrytą resztkami topnika. Pobielanie większych powierzchni wymaga zastosowania lutownicy o odpowiednio większej mocy (o odpowiednim grocie). Pocierając, przesuwamy wówczas grot po pobielanej powierzchni i dodajemy po trochu lutu.

Stosując nie znany bliżej topnik lub pastę lutowniczą, należy pamiętać o korozyjnych produktach ich utleniania, stąd też po zakończeniu lutowania koniecznie należy je mechanicznie usunąć i przemyć — najlepiej spirytusem. Niektóre topniki wykazują właściwości przewodzące, a to jest niedopuszczalne.

Przygotowane powierzchnie można teraz zalać lutem w ten sposób, że zwilżonym grotem podgrzewa się najpierw przez chwilę wyprowadzenia łączonych elementów (w zależności od pojemności cieplnej łączonych elementów — od ułamka sekundy do kilku sekund), a następnie wprowadza się między nie lut, który powinien dokładnie i równomiernie wypełnić zagłębienia i utworzyć spoinę. Po upływie ok. 2 s (w tym czasie następuje wygrzanie spoiny) usuwa się lutownicę. Podczas całego procesu lutowania łączone powierzchnie muszą być nieruchome. Zestalanie lutu i powstawanie trwałej spoiny, w zależności od pojemności cieplnej łączonych elementów, trwa od kilku do kilkunastu sekund. Nie można wówczas wywoływać dodatkowych naprężeń, które mogą w konsekwencji spowodować powstanie zimnego lutu. Należy pamiętać, że ważnym etapem jest wygrzanie rozlanego już lutu. Następuje wtedy bowiem dalsza penetracja lutu w głąb łączonych metali, a co za tym idzie, zwiększenie wytrzymałości połączenia. Model dobrze wykonanej spoiny przedstawiono na rys. 4.7.1.

Elementy elektroniczne, o wyprowadzeniach pokrytych złotem, srebrem lub cyną, lutuje się bez uprzedniego pobielania. Lutowanie ich zazwyczaj nie może trwać dłużej niż 3...5 s, gdyż dłuższe mogłoby spowodować cieplne uszkodzenie elementu. Podzespoły, nieodporne na działanie wysokiej temperatury należy koniecznie bocznikować cieplnie za pomocą metalowej pęsety.

Lutując na cienkich powłokach srebra (zazwyczaj nie grubszych niż 10 μm), wszelkie operacje należy wykonywać szybko i ostrożnie — zbytnie przegrzanie powoduje bowiem migrację srebra do lutu, co w

konsekwencji może osłabić lub zniszczyć połączenia.

Wadliwie wykonane połączenie lutowane szybko da znać o sobie jako przerwa w obwodzie lub pozornie prawidłowy lut (lut zimny), którego wykrycie nastręcza dużo trudności nawet przy użyciu dobrej lupy. Lut taki pokazano na rys. 4.7.2. Jednym ze sposobów usunięcia zimnego lutu jest systematyczne ponowne wygrzanie „niepewnych" połączeń, poruszanie wyprowadzeniami z jednoczesnym analizowaniem objawów, np. na wskaźniku. Mając do dyspozycji oziębiacz w aerozolu, należy niepewne miejsce (połączenie) spryskać i wówczas na skutek różnych współczynników rozszerzalności nastąpi chwilowa przerwa w obwodzie, którą łatwo już wykryć.

Montując elementy w technologii połączeń drukowanych należy pamiętać o następujących zasadach:

1) podzespoły o małej liczbie wyprowadzeń i masie ponad 15 g powinny być dodatkowo umocowane, aby w przypadku udarów nie nastąpiło wyrwanie ich z płytki drukowanej,

2) wyprowadzenia muszą mieć długość co najmniej 5 mm, przy krótszych wyprowadzeniach podczas lutowania może nastąpić termiczne uszkodzenie lub rozhermetyzowanie elementu,

3) nie należy zginać wyprowadzeń bezpośrednio przy korpusie elementu, może to bowiem spowodować pęknięcie hermetyzacji,

4) niepotrzebnie nie należy zginać wyprowadzeń, może to bowiem spowodować ich ułamanie,

5) drobne elementy i niektóre elementy półprzewodnikowe należy podczas lutowania bocznikować termicznie,

6) elementy, wykonane w znacznej mierze z termoplastycznych tworzyw sztucznych, należy lutować możliwie krótko, albowiem mogą ulec deformacji lub odbarwieniu,

7) układy scalone wykonane techniką MOS powinny być w zasadzie lutowane uziemioną lutownicą, a lutujący powinien mieć założoną na ręku bransoletę uziemiającą (rys. 4.7.3),

8) w przypadku elementów o dużej liczbie wyprowadzeń, przed ostatecznym przylutowaniem, należy sprawdzić wzajemne położenie końcówek.

4.8 Montaż i demontaż podzespołów w konstrukcjach hybrydowych

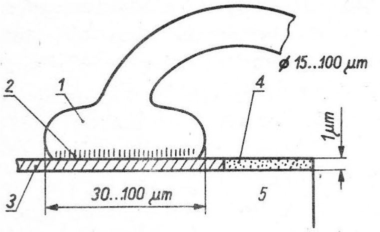
Wszelkie prace mikroelektroniczne należy wykonywać niezwykle starannie i uważnie, każdy bowiem popełniony błąd z reguły prowadzi do zniszczenia elementu lub całej konstrukcji. Przed przystąpieniem do pracy należy dokładnie przeanalizować jej późniejszy przebieg oraz przygotować (a często i wykonać) specjalne narzędzia, przyrządy i materiały. Do niezbędnych należy zaliczyć: lutownicę z odpowiednio dobranym grotem o mocy nie większej niż 15 W, pęsetę zegarmistrzowską, skalpel, łopatkę dentystyczną, szpilę stalową, małe imadełko oraz lupkę lub mikroskop techniczny, a także spirytus, pędzelek, klej przewodzący i szpilę stępioną na końcu. Demontując kondensatory lub rezystory dyskretne (zazwyczaj są przyklejone do płytki), należy delikatnie podważyć je nożykiem, jeżeli jednak wyczuwa się zbyt duży opór to trzeba sobie pomóc lutownicą (podgrzane połączenie klejowe jest bardziej kruche). Układy scalone, diody i tranzystory w miniaturowych obudowach oraz inne elementy dyskretne (np. rezonatory) demontuje się roztapiając kolejne połączenie i podważając wyprowadzenia szpilą lub łopatką stomatologiczną. Tam gdzie to jest możliwe, stosujemy oczywiście odsysacz cyny z możliwie małą końcówką. Wskazane jest szybkie i precyzyjne wykonywanie tych czynności, aby nie spowodować uszkodzeń termicznych i ewentualnie nie rozhermetyzować elementu, jak również nie ułamać wyprowadzenia czy zerwać metalizacji (ścieżki) z podłoża. Do demontażu używa się czystej lutownicy i każdorazowo usuwa się z grotu (gąbką lub szczoteczką) nadmiar cyny i topnika. Wyprowadzenie podważa się w chwili, kiedy lut jest w całości płynny, w przeciwnym bowiem razie można uszkodzić metalizację otworu, lub zerwać całą ścieżkę z podłoża. Najwięcej kłopotu sprawia zawsze zdemontowanie układu scalonego z większą liczbą wyprowadzeń, można wówczas demontować kolejno po sobie następujące wyprowadzenia lub, jeżeli jest to możliwe, podgrzać jednocześnie cały rząd wyprowadzeń i podważać łopatką stomatologiczną część jego obudowy. Do usunięcia nadmiaru cyny można stosować oplot miedziany. Jeżeli wiadomo, że demontowany układ jest uszkodzony, to odcina się jego wyprowadzenia, a następnie za pomocą lutownicy usuwa pozostałe ich fragmenty. Niekiedy jednak dogodnie jest je pozostawić, a nowy element przylutować do starych wyprowadzeń. Po zakończeniu lutowania okolice elementu należy przemyć spirytusem, a następnie szybko osuszyć strumieniem ciepłego powietrza z suszarki. Demontując elementy z ceramicznych płytek podłożowych, należy dodatkowo uważać, aby nie spowodować ich pęknięcia.

Przystępując do montażu, należy najpierw sprawdzić czystość wyprowadzeń elementu i jeżeli to konieczne, pocynować je. Należy następnie tak uformować wyprowadzenia, aby dokładnie pasowały do pól kontaktowych na podłożu. Do lutowania musimy użyć czystego grotu i wyłącznie niezbędnej ilości lutu, aby nie spowodować zwarć innych wyprowadzeń lub ścieżek (późniejsze usunięcie nadmiaru cyny może być kłopotliwe).

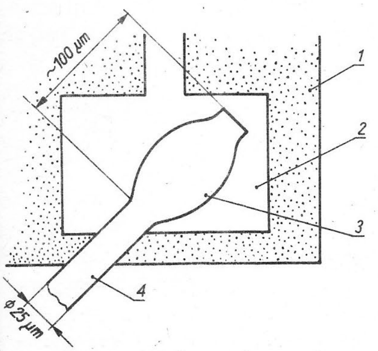
Po zakończeniu prac lutowniczych należy dokładnie sprawdzić, za pomocą lupy, jakość połączeń, przemyć okolice spirytusem, a następnie osuszyć. Przed zmontowaniem całości konstrukcji warto wstępnie sprawdzić pracę układu scalonego, mierząc np. w zegarku elektronicznym jego prąd ciemny, który nie powinien przekraczać 5 μA.

Niektóre elementy dyskretne są łączone fabrycznie techniką klejenia klejem przewodzącym. Przy powtórnym ich montażu, tam gdzie to tylko jest możliwe, lepiej jest jednak stosować lutowanie. Połączenia klejowe, starzejąc się, stają się kruche i już przy niewielkich udarach pękają. Przed lutowaniem należy usunąć resztki kleju i pocynować łączone powierzchnie oraz wyprowadzenia elementu.

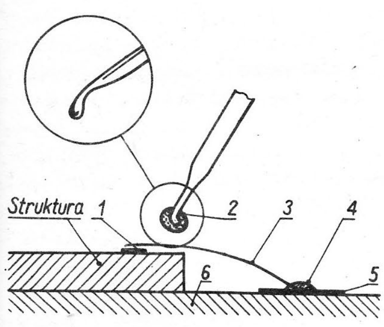
Pęknięcia płytek podłożowych (ścieżek drukowanych) najlepiej mostkować cienkim drucikiem. Samo pocynowanie może spowodować z czasem ponowne pęknięcie.



Rys. 4.9.1. Połączenie wykonane techniką termokompresji kulkowej (widok z boku)
1 — Au, 2 — stop Au-Al, 3 — metalizacja Al, 4 — SiO_2, 5 — struktura



Rys. 4.9.2. Połączenie wykonane techniką ultrakompresji
1 — SiO_2, 2 — pole kontaktowe (Al), 3 — zgrzeina, 4 — drut (Al)



Rys. 4.9.3. Sposób naprawy połączenia ze strukturą
1 — pole kontaktowe (Al), 2 — klej (Ag), 3 — drut ∅ 15 μm (Au), 4 — lut (Sn-Pb), 5 — ścieżka, 6 — podłoże

4.9 Naprawa połączeń struktur

W większości popularnych konstrukcji zegarków elektronicznych i nielicznych kalkulatorów struktury scalone są bezpośrednio osadzane na podłożu ceramicznym lub laminacie. Podłoże struktury jest najczęściej klejone lub łączone za pomocą pasty przewodzącej w podwyższonej temperaturze. Połączenia pól kontaktowych struktur z połączeniami drukowanymi są wykonywane za pomocą drutu aluminiowego lub złotego metodą termokompresji lub ultrakompresji. W zależności od zastosowanej techniki łączenia i rodzaju drutu są różne metody postępowania przy naprawie uszkodzonych połączeń.

Połączenia wykonane drutem złotym, techniką termokompresji kulkowej (rys. 4.9.1), charakteryzują się dobrze przyczepną rozpłaszczoną kulką, zgrzaną z polem kontaktowym. Połączenie takie naprawia się przylutowując, specjalnie do tego celu przygotowaną lutownicą, drut złoty (odzyskany z innej, wadliwej struktury) lub cienki posrebrzany drucik o średnicy nie większej niż 0,1 mm do pozostałej po połączeniu kulki złotej. Użyty do tego celu grot musi być na końcu zaostrzony i nienagannie czysty. Zamiast specjalnego grotu można użyć kawałka srebrzanki, nawiniętej na końcu grotu. Innym sposobem naprawy takiego połączenia jest wgniecenie szpilą urwanej końcówki złotej do powstałej w trakcie termokompresji kulki. Prace te oczywiście wykonuje się pod silnie powiększającą lupą lub pod mikroskopem technicznym.

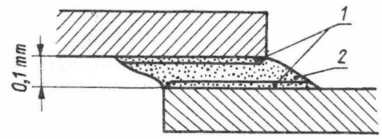
Połączenia techniką ultrakompresji (rys. 4.9.2) wykonuje się zazwyczaj drutem aluminiowym. Połączenie takie (zgrzew) charakteryzuje się wydłużonym płaskim zakończeniem, często z fragmentem drutu wystającym poza pole kontaktowe. Jego naprawa nierzadko jest już niemożliwa, chyba że dysponuje się zgrzewarką. Niekiedy daje się uratować połączenie przez rozgniecenie końcówki drutu na polu kontaktowym i następnie pokryciu cienką warstwą kleju (np. cyjanopan).

Wiele połączeń struktur można naprawić przy użyciu kleju przewodzącego (klej taki jest niestety niedostępny na naszym rynku — można go przywieźć z zagranicy). Do klejenia musimy przygotować sobie specjalną szpilkę o tępym zakończeniu w kształcie poziomej łezki. Pojedyncze uszkodzenia na strukturze naprawia się zalewając pole kontaktowe i odpowiednio uformowany drut małą ilością (kropla) kleju. Klej należy wymieszać z rozpuszczalnikiem, gdyż musi mieć taką konsystencję, aby nie rozlewał się po strukturze, a jedynie tworzył zwarty stożek w miejscu połączenia. Klej ten jest niezawodny przy naprawach przerw powstałych na masie zalewowej struktury. Jeżeli trzeba wykonać nowe połączenie, to najpierw przylutowuje się do ścieżki drut (0,1 mm) i tak go formuje, aby dotykał do pola kontaktowego na strukturze, a następnie zalewa się to miejsce klejem przewodzącym. Zestalenie spoiny następuje prawie natychmiast, ale swoją wytrzymałość uzyskuje ona dopiero po kilku godzinach. Właściwie wykonana spoina charakteryzuje się owalnie zakończonymi brzegami i barwie srebrzystej z połyskującymi centkami. Schematycznie zabieg ten pokazano na rys. 4.9.3. Na zakończenie należy pod mikroskopem technicznym sprawdzić jakość połączeń delikatnie napinając drut oraz usunąć okruchy kleju lub inne zabrudzenia strumieniem powietrza z gruszki. Nie dające się zdmuchnąć okruchy można delikatnie zdrapać kawałkiem drewienka (np. wykałaczką). Wskazane jest również przemycie spirytusem okolic naprawianych połączeń. Przed podłączeniem zasilania, przemyte obszary muszą bezwzględnie wyschnąć.

4.10 Materiały pomocnicze i ich zastosowanie

Coraz większa złożoność prac serwisowych wymaga różnorodnych materiałów pomocniczych i właściwego ich stosowania. Wszystkie materiały należy przechowywać w szczelnych naczyniach, tak aby same nie ulegały zabrudzeniu, a rozpuszczalniki nie ulatniały się i nie stwarzały zagrożenia (łatwopalność). Do prac używamy wyłącznie ilości niezbędnie potrzebnych.

1. *Wata celulozowa* (lekarska — oczna) jest uniwersalnym materiałem do usuwania zanieczyszczeń, przemywania wskaźników LCD, przepustów gumowych, pól stykowych klawiatur, itp. Operację tę wykonuje się za pomocą pałeczki plastykowej (zużytego pędzelka), na końcu której jest nawinięta odrobina waty zamoczona następnie w spirytusie.



Rys. 4.11.1. Połączenie klejowe
1 — warstwa związana z materiałem siłami adhezji, 2 — spoina związana siłami wewnętrznymi kleju

2. *Alkohol etylowy* (spirytus) jest głównym rozpuszczalnikiem służącym do usuwania mikrozabrudzeń. Jest on bezpieczny w użyciu, nietoksyczny, nie pozostawia po sobie praktycznie żadnych osadów i nie rozpuszcza tworzyw, powoduje niekiedy ich zmatowienie, ale można to łatwo usunąć ściereczką. Należy używać go z umiarem, albowiem resztki zawartej w nim nie odparowanej wody mogą powodować różne niespodzianki. Przemywane powierzchnie należy więc szybko osuszyć, najlepiej strumieniem ciepłego powietrza z suszarki. Należy pamiętać, że używając jakiś rozpuszczalnik po raz pierwszy, zawsze warto wykonać próbę, aby przekonać się o jego właściwościach.

3. *Benzyna techniczna czysta* (może być benzyna do zapalniczek) służy do przemywania i oczyszczania drobnych mechanizmów.

4. Aceton służy do odtłuszczania powierzchni przed klejeniem, oczyszczania niektórych tworzyw sztucznych oraz do sporządzania klejów.

5. *Tri* (trójchloroetylen) jest niepalnym rozpuszczalnikiem i służy do usuwania plam, odtłuszczania, klejenia polistyrenu, pleksi i do sporządzania klejów. *Uwaga! Opary tri są toksyczne.*

6. *Butapren* jest uniwersalnym klejem do połączeń elastycznych, tkanin i cienkich folii.

7. *Hermol* jest uniwersalnym klejem do sztywnego łączenia drobnych konstrukcji, hermetyzacji i zalewania nieszczelności. *Uwaga! Zawarty w hermolu rozpuszczalnik jest lotny i może powodować uszkodzenia* (matowienie, odbarwianie).

8. *Kleje epoksydowe* (chemoutwardzalny klej dwuskładnikowy) służy do łączenia sztywnych konstrukcji, z tworzyw, ceramiki, drewna i metalu.

9. *Kleje cyjanoakrylowe* (jednoskładnikowe) są samoutwardzalne, bezbarwne i o dużej płynności. W kraju dostępny jest taki klej pod nazwą Cyjanopan B4. Kleje te należy przechowywać bardzo szczelnie zamknięte w suchym i chłodnym miejscu.

10. *Klej przewodzący* jest klejem na osnowie związków srebra i służy do wykonywania i naprawy połączeń elektrycznych techniką klejenia. Klej ten można kupić za granicą np. w firmie Demetron w RFN.

Do przechowywania go należy stosować bardzo szczelne naczynia.

11. *Olejek* i *smar silikonowy* są pochodzenia mineralnego. Zawierają związki krzemu, są bezbarwne i nie starzeją się. Stanowią bardzo dobry izolator, środek do hermetyzacji i do smarowania wolnoobrotowych mechanizmów. Są chemicznie bierne.

Smar silikonowy stosuje się również do wypełniania porów celem zmniejszenia oporności cieplnej między radiatorem, a powierzchnią odprowadzającą ciepło z elementu.

12. *Olejek maszynowy* służy do smarowania i konserwacji mechanizmów.

13. *Olejek penetrujący* (inhibol) służy do demontażu skorodowanych mechanizmów, konserwacji i oczyszczania.

14. *Lakier silikonowy* (lakier bezbarwny najczęściej w aerozolu) służy do wytwarzania powłok izolacyjnych, ochrony przed wilgocią, chemicznie bierny.

15. *Lakier caponowy* (bezbarwny, nie rozpuszczający tworzyw, szybkoschnący, łatwy do usunięcia) służy do sklejania drobnych elementów.

16. *Lakier nitro* (szybkoschnący, dobrze kryjący różne materiały) służy do wykonywania zaprawek, znaczników i hermetyzacji.

17. *Farby* wodno-emulsyjne służą np. do wykonywania drobnych napraw szkiełek od zegarków itp.

18. *Folie* z tworzyw sztucznych i gąbka poliuretanowa służą do wykonywania przekładek izolacyjnych.

19. *Pasty* polerskie stosuje się do polerowania metali i tworzyw sztucznych.

20. *Topniki* stosuje się do lutowania aluminium, stali i powłok niklowych. Godny polecenia jest siarczan amonu (NH_4SO_4) — popularny nawóz sztuczny. Jest higroskopijny, więc po lutowaniu musi być dokładnie usunięty.

21. *Kontakt spray* (środek w aerozolu) stosuje się do konserwacji zestyków, złączy.

22. *Oziębiacz spray* (środek w aerozolu) służy, poprzez miejscowe oziębienie, do lokalizacji zimnych lutów i defektów struktur.

23. *Grafit spray* (środek w aerozolu) stosuje się do wykonywania powierzchni przewodzących na różnych materiałach, m.in. do wykonywania powierzchni ekranujących w tworzywach sztucznych.

4.11 Klejenie oraz obróbka tworzyw sztucznych

Dynamiczny rozwój elektroniki był możliwy między innymi dzięki stosowaniu szerokiej gamy tworzyw sztucznych do konstrukcji elementów i podzespołów.

Z punktu widzenia napraw istotne są zagadnienia dotyczące metod obróbki i klejenia tych tworzyw.

Klejenie jest procesem łączenia różnych materiałów za pomocą wielocząsteczkowych substancji (żywic). Proces klejenia zachodzi w wyniku oddziaływania sił wewnętrznych spoiny z siłami przyczepności (adhezji) do powierzchni łączonych materiałów (rys. 4.11.1). Kleje (syntetyczne) można podzielić na: *rozpuszczalnikowe*, tj. takie, które powstały w wyniku rozpuszczenia sztucznej żywicy (proces klejenia polega na zestaleniu spoiny klejowej w wyniku odparowania rozpuszczalnika), *chemo-* lub *termoutwardzalne* (proces zestalenia spoiny zachodzi w wyniku oddziaływania dodatkowego czynnika zwanego utwardzaczem, temperatury lub powietrza z zawartą w nim parą wodną) oraz kleje *elastyczne* na bazie mas elastycznych.

Klejenie klejem rozpuszczalnikowym.

1. W zależności od wymagań dotyczących połączenia oraz rodzaju łączonych materiałów, należy dokonać wyboru kleju oraz przygotować masę klejową zgodnie z podaną przez producenta recepturą lub wytworzyć klej z odpowiedniego roz-

puszczalnika i skrawków tworzywa.

2. Jeżeli zachodzi potrzeba, należy obrobić mechanicznie, a następnie spasować łączone części i zamocować je w imadełku tak, aby podczas klejenia były usztywnione.

3. Używając nieznanego kleju należy sprawdzić na materiale odpadowym jakość zwilżania powierzchni.

4. Usunąć z powierzchni łączonych zanieczyszczenia mechaniczne, pyły itp.

5. Odtłuścić za pomocą detergentów lub rozpuszczalników łączone powierzchnie, a w przypadku metali wytrawić je chemicznie.

6. Wysuszyć sklejane powierzchnie (np. w strumieniu ciepłego powietrza) i możliwie szybko przystąpić do klejenia.

7. Zwilżyć łączone powierzchnie cienką warstwą kleju (podobnie jak podczas lutowania), a przy łączeniu materiałów porowatych czynność tę należy powtórzyć po zestaleniu się pierwszej warstwy. Niektóre kleje wymagają zwilżenia tylko jednej powierzchni.

8. Po wstępnym odparowaniu rozpuszczalnika, gdy na powierzchni kleju powstanie cienka matowa błonka, należy silnie docisnąć łączne elementy, tak aby nadmiar kleju wyciekł. Należy pamiętać o ogólnej zasadzie klejenia, która mówi, że im cieńsza warstwa kleju, tym bardziej wytrzymała jest spoina. W zależności od rodzaju kleju i wielkości łączonych powierzchni docisk ten może trwać od kilku sekund do kilkunastu godzin. Podczas zestalania spoiny następuje uwalnianie par rozpuszczalnika, dlatego też należy ułatwić ich ulatnianie (wentylacja). Łączone elementy w trakcie klejenia nie mogą się przemieszczać.

9. Przed całkowitym utwardzeniem spoiny należy usunąć delikatnie nożykiem powstały w trakcie łączenia wyciek kleju.

10. Po osiągnięciu przez klej wymaganej wytrzymałości, o czym informuje w instrukcji producent kleju usuwa się docisk i oczyszcza miejsce klejone.

11. Jeżeli jest to konieczne, należy sprawdzić wytrzymałość wykonanego połączenia.

Niezależnie od przedstawionego tu opisu należy bezwzględnie stosować się do instrukcji fabrycznych kleju.

Drugą metodą łączenia tworzyw termoplastycznych jest ich *zgrzewanie*. Umiejętność ta jest szczególnie przydatna przy naprawach drobnych elementów. Wytrzymałość uzyskanych tą metodą połączeń dorównuje często wytrzymałości materiału.

Przebieg procesu zgrzewania.

1. Lutownicę o mocy nie większej jak 60 W należy wyposażyć w płaski grot, specjalnie do tego celu przeznaczony. Może to być np. grot już nieprzydatny do lutowania.

2. Zbliżenie rozgrzanego grota (ok. 200°C) do łączonych powierzchni powoduje, że tworzywo mięknie i można je wówczas dowolnie formować. Tworzywa bardziej odporne na działanie ciepła należy formować przez systematyczne wgniatanie lutownicą.

3. Uformowane powierzchnie, które należy połączyć szybko docisnąć (np za pomocą łopatki stomatologicznej). W przypadku łączenia dłuższych powierzchni operację tę należy kilkakrotnie powtórzyć. Stygnące tworzywo ulega ponownemu utwardzeniu i powstaje wytrzymała spoina. Połączone już elementy można jeszcze wzmocnić wtapiając dodatkowo skrawki tworzywa.

4. Po zakończeniu zgrzewania ostrym skalpelem usuwa się niepotrzebne fragmenty spoin.

Obróbka tworzyw sztucznych jest łatwa, dają się one bowiem praktycznie dowolnie kształtować w strumieniu gorącego powietrza, kleić, przecinać, nitować, spawać, zgrzewać, wtapiać itp. Opanowanie tych prostych technologii znacznie rozszerza możliwości naprawiania często zdawałoby się już całkowicie zniszczonych elementów.

4.12 Bezpieczeństwo i higiena pracy na stanowisku warsztatowym

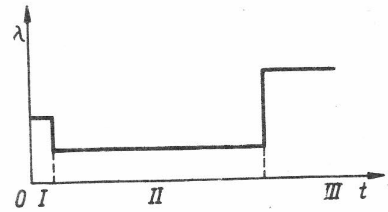
Prace mikroelektroniczne wymagają zachowania szczególnej czystości i staranności, co omówiono przy organizacji stanowiska pracy. Stosowanie *palnych rozpuszczalników* ze zrozumiałych względów nakłada na nas obowiązek *ostrożności z ogniem.* Zasadniczo nie ma możliwości porażenia prądem elektrycznym, tam jednak gdzie istniałoby takie niebezpieczeństwo należy postępować tak, aby wykluczyć każdą ewentualność (np. stosując transformator izolacyjny).

Należy również wspomnieć o pewnym niebezpieczeństwie związanym z *podświetlaczami trytowymi* stosowanymi w niektórych zegarkach LCD i umożliwiającymi odczyt czasu w ciemności (świecenie podobne jak w zegarkach ze wskazówkami fosforyzowanymi). Materiał emitujący *promieniowanie jonizacyjne beta* jest zaprasowany i praktycznie niedostępny. Mimo że promieniowanie ma bardzo małą moc i krótki zasięg zaleca się, aby *nie dotykać podświetlacza gołymi palcami*, a jeżeli nie jest to konieczne — nie rozbierać takich zegarków.

Do ważnych elementów higieny należy właściwe oświetlenie i ergonomiczne ukształtowanie stanowiska oraz pozycja ciała podczas pracy. Przy dłuższych pracach lutowniczych należy stosować wentylację, chociażby przy pomocy stołowego wentylatora.

5

Wykrywanie oraz usuwanie uszkodzeń



Rys. 5.1.1. Intensywność uszkodzeń sprzętu elektronicznego

5.1 Uszkodzenia oraz technika ich wykrywania

5.1.1 Uwagi wstępne

Urządzenie sprawne to urządzenie, które zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi realizuje prawidłowo swoje zadania i spełnia warunki eksploatacyjne przy określonych kosztach i poziomie kultury technicznej użytkownika. Od zegarka elektronicznego wymaga się, aby wskazywał czas z określoną odchyłką dobową, był odporny na zmienne warunki użytkowania oraz zapewniał ciągłą pracę zużywając nie więcej niż jeden komplet baterii na rok. Nadmierny pobór prądu przez zegarek nie spowoduje błędnego odliczenia czasu, a jednak taki zegarek należy uznać za niesprawny.

Użytkownika interesuje zwykle międzyawaryjny czas pracy urządzenia, tj. czas od naprawy do naprawy. Czas ten (T) jako parametr statystyczny wyznacza się dla odpowiednio dużej partii urządzeń (N), badając w określonych przedziałach czasu eksploatacji liczbę powstałych uszkodzeń elementów (ΔN). Badanie przeprowadza się w normalnych warunkach narażeń przy założeniu, że nie wystąpiły one jednocześnie i że każde powstałe uszkodzenie dało się usunąć, a koszty naprawy nie przekroczyły pewnego określonego poziomu. Odwrotność średniego czasu poprawnej pracy jest miarą intensywności uszkodzeń.

Zależność tę definiuje następujący wzór:

$$\lambda = \frac{1}{N}\frac{\Delta N}{\Delta T}$$

w którym: λ jest intensywnością uszkodzeń, N — liczbą elementów, ΔN — liczbą elementów uszkodzonych w czasie ΔT.

Intensywność uszkodzeń sprzętu elektronicznego produkowanego masowo, zbudowanego z elementów dyskretnych lub zespołów wymienialnych jest w przybliżeniu stała w określonych przedziałach eksploatacji. Tak opisaną intensywność uszkodzeń przedstawiono na rys. 5.1.1. Okres pierwszy (*I*), zwany okresem wygrzewania lub uszkodzeń początkowych, charakteryzuje się zwiększoną intensywnością uszkodzeń i w zależności od klasy konstrukcji trwa od kilkunastu do kilkuset godzin pracy, przy czym zasadniczo przebiega u producenta. Okres drugi (*II*) charakteryzuje się najmniejszą intensywnością uszkodzeń i jest okresem normalnego użytkowania urządzenia w warunkach znamionowych. W okresie trzecim (*III*) następuje gwałtowny wzrost uszkodzeń na skutek zużycia i procesów starzenia, co w konsekwencji prowadzi z przesłanek ekonomicznych do przerwania procesu użytkowania.

W podobny sposób możemy wyznaczyć niezawodność R poszczególnych elementów zdefiniowaną wzorem

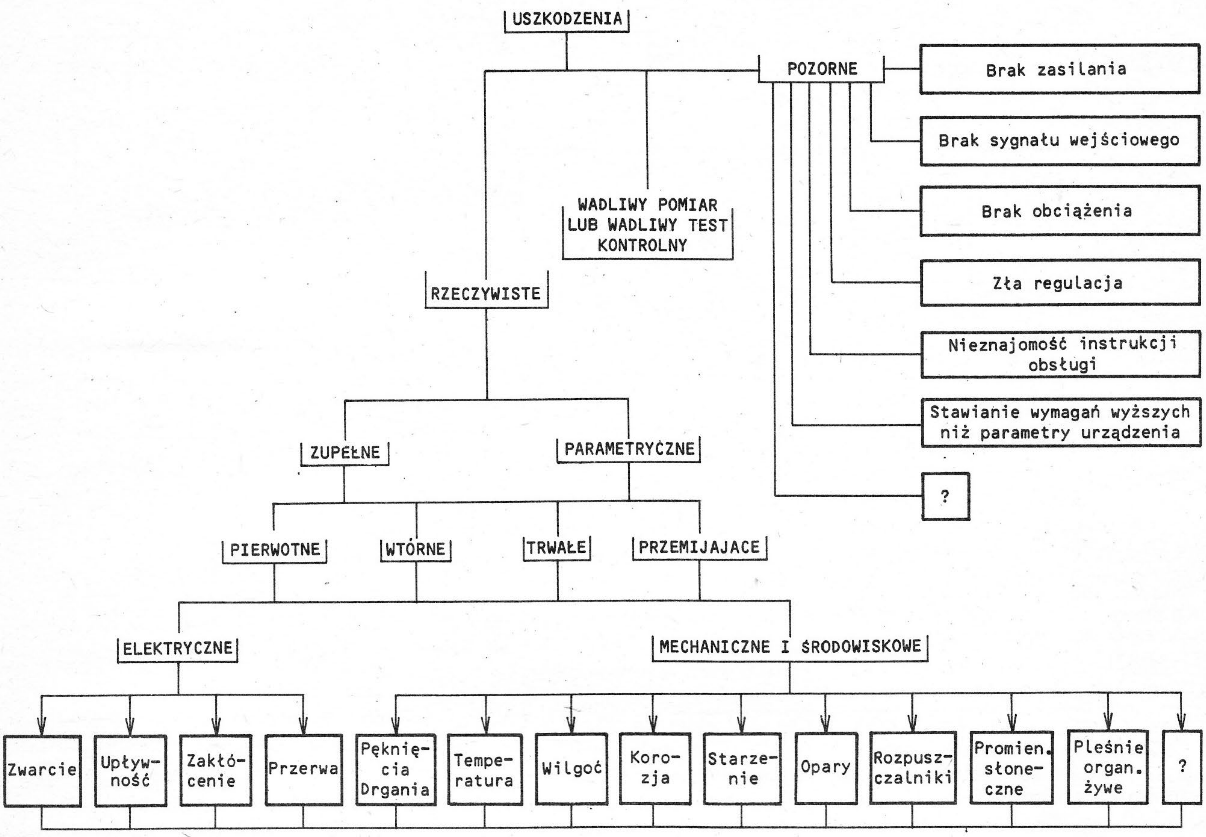
$$R = \frac{\Delta N}{N}$$

Jest to bardzo ważny parametr określający prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy elementu lub urządzenia.

Oto niektóre typowe wartości niezawodności charakterystycznych elementów i połączeń:

— kondensator dyskretny $5 \cdot 10^{-7}$
— rezystor dyskretny $1 \cdot 10^{-7}$
— wskaźnik lampowy (fluorescencyjny $5 \cdot 10^{-6}$
— tranzystor bipolarny małej mocy $5 \cdot 10^{-8}$
— układ scalony o średnim stopniu scalenia $5 \cdot 10^{-8}$
— układ scalony MOS o wielkim stopniu scalenia $5 \cdot 10^{-11}$
— połączenie wykonane techniką lutowania $3 \cdot 10^{-7}$
— połączenie wykonane techniką zgrzewania $1 \cdot 10^{-10}$

Wraz ze zwiększaniem stopnia scalenia następuje wzrost niezawodności układów scalonych, należy jednak pamiętać, że intensywność uszkodzeń całego urządzenia jest wypadkową poszczególnych jego ogniw, tj. elementów i technologii i jest w przybliżeniu równa sumie ich intensywności.



Rys. 5.1.2. Rodzaje uszkodzeń

5.1.2 Przyczyny i rodzaje uszkodzeń

Przyczyny powstawania uszkodzeń można podzielić na następujące grupy:

1) błędy konstrukcyjne i technologiczne, wadliwe materiały,
2) praca elementów w ich górnych obszarach znamionowych,
3) narażenia środowiskowe, starzenie elementów,
4) naturalne zużycie, brak konserwacji,
5) poziom kultury technicznej, kwalifikacje,
6) stabilność i jakość źródeł zasilania,
7) mniejsza niezawodność urządzenia związana z niskimi kosztami wytwarzania i przeznaczeniem urządzenia.

Przyczyny te są obiektywnie istniejącymi elementami procesu projektowania, wytwarzania i użytkowania, a stopień niezawodności urządzeń zależy nie tylko od czynników natury technicznej, ale często również wynika ze względów ekonomicznych oraz kultury użytkowania.

Propozycję systematyzacji uszkodzeń przedstawiono na rys. 5.1.2. Główny podział to wyodrębnienie uszkodzeń rzeczywistych i pozornych, tj. takich, które w rzeczywistości nie występują, a są konsekwencją błędów obsługi, nieznajomości dokładnych parametrów urządzenia, braku zasilania itp.

Następnie rozróżnia się uszkodzenia zupełne i parametryczne, przy czym uszkodzenia parametryczne to takie, w których najczęściej jeden z parametrów nie zostaje zachowany, a urządzenie zasadniczo funkcjonuje.

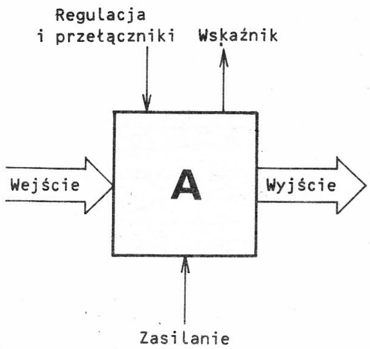
Uświadomienie sobie podziału na uszkodzenia pierwotne i wtórne jest w praktyce niezmiernie ważne, gdyż często jest usuwany skutek, a nie przyczyna, co prowadzi do ponownego uszkodzenia. Kończąc naprawę musimy być zawsze pewni, że usunęliśmy ostateczną przyczynę uszkodzenia.

Najbardziej trudne do lokalizacji są uszkodzenia przemijające, tj. takie, których występowanie jest przypadkowe. Przystępując do lokalizacji takiego uszkodzenia należy najpierw ustalić charakter uszkodzenia, a następnie poddając badany zespół odpowiedniemu narażeniu (nie przekraczając przy tym ekstremalnych warunków pracy) obserwować skutki. Druga metoda polega na wymianie elementu czy zespołu, który jest najbardziej „podejrzany".

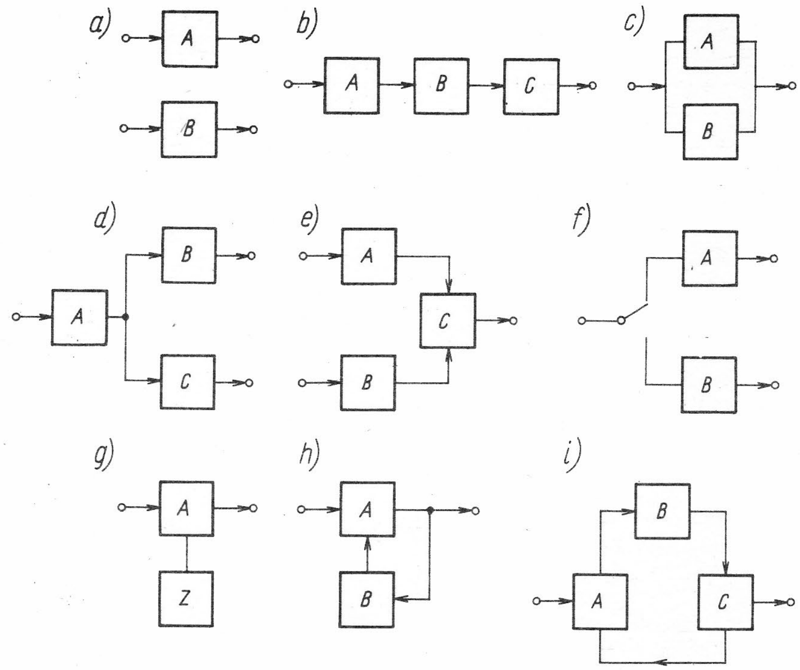
Na zakończenie rozróżnia się uszkodzenia typowo elektryczne, jak przerwa lub zwarcie, i na środowiskowe, które zresztą też w rezultacie prowadzą do uszkodzeń elektrycznych.

5.1.3 Konfiguracja układów elektronicznych

Przepływ informacji w układach elektronicznych zależy od konfiguracji bloków funkcjonalnych. Znajomość tej konfiguracji umożliwia



Rys. 5.1.3. Blok funkcjonalny *A*



Rys. 5.1.4. Podstawowe konfiguracje układów elektronicznych: a) tory niezależne, b) tor liniowy, c) tor równoległy, d) tor rozgałęźny, e) tor zbieżny, f) tor przełączany, g) tor taktowany, h) tor ze sprzężeniem zwrotnym, i) tor z pętlą

podjęcie decyzji, od jakiego miejsca w układzie należy rozpocząć poszukiwanie uszkodzenia. Prawidłowy wybór pierwszego badania ma często decydujący wpływ na dalszy przebieg naprawy. Każde urządzenie elektroniczne można przedstawić jako zamknięty blok *A* (rys. 5.1.3), w którym sygnały wejściowe są przekształcane na sygnały wyjściowe. Zawiera on ponadto wskaźniki, układy regulacji, przełączniki oraz obwody zasilania. Układy elektroniczne tworzą więc pewne konfiguracje (tory) złożone z zamkniętych bloków funkcjonalnych. Podstawowe konfiguracje układów elektronicznych pokazano na rys. 5.1.4.

5.1.4 Metody lokalizacji uszkodzeń

Proces lokalizacji uszkodzenia polega na systematycznym badaniu bloków funkcjonalnych i ich elementów według określonego przez producenta schematu postępowania lub przez analizę i syntezę objawów i wyników pomiarowych w kolejnych cyklach badawczych. Postępując systematycznie, w kolejnych cyklach eliminuje się bloki pracujące prawidłowo, co prowadzi do sytuacji alternatywnej, w której przez podstawienie dobrego zespołu lub wymianę uszkodzonego elementu dokonuje się naprawy urządzenia. Wybór właściwej metody postępowania, zapewniającej szybką i skuteczną lokalizację uszkodzenia jest trudny, zależy bowiem od intuicji i doświadczenia, które nabywa się często dopiero po wielu latach pracy. Oto sprawdzone w praktyce metody lokalizacji uszkodzeń.

1. *Analiza schematów blokowych i ideowych urządzenia.* Każdą naprawę należy rozpocząć od zapoznania się z instrukcją obsługi, a następnie ze schematami blokowym i ideowym urządzenia. Poprawna analiza objawów uszkodzenia powinna doprowadzić do lokalizacji uszkodzonego bloku. Dalszy etap naprawy polega już na dokonywaniu pomiarów i porównywaniu ich wyników z danymi zawartymi w schemacie ideowym.

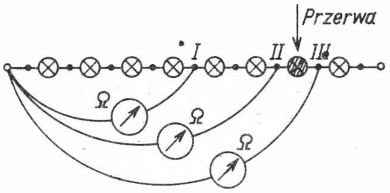
2. *Korzystanie z przełączników i zewnętrznych obwodów regulacji oraz wskaźników.* Znając konfigurację blokową i zasady działania urządzenia można przez przełączanie torów, regulację, analizę wskazań zmiany funkcji określić uszkodzony blok.

3. *Zewnętrzne testy i pomiary w punktach kontrolnych.* Test taki można wprowadzić np. z klawiatury lub ze specjalnej kasety testowej, niektóre punkty kontrolne mogą być wyprowadzone na zewnątrz w postaci gniazd pomiarowych.

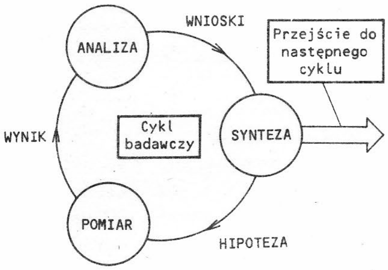
4. *Wymiana bloku, panelu* (zespołu, wkładki, odbiornika). Duże systemy wyposażone w układy autotestowania same identyfikują uszkodzony blok. Wówczas, by ograniczyć do minimum czas awarii, wystarczy wymienić uszkodzony panel lub przełączyć układ na blok rezerwowy. Dalszy proces naprawy uszkodzonego bloku przebiega na specjalnym stanowisku serwisowym.

5. *Statystyka uszkodzeń.* Często zdarza się, że urządzenie ze względów technologicznych lub konstrukcyjnych zawiera układy mniej odporne na uszkodzenia i wówczas, znając charakterystyczne objawy towarzyszące tym uszkodzeniom, można z dużym prawdopodobieństwem sukcesu rozpocząć naprawę od sprawdzenia lub wymiany elementu (zespołu). Badając ograniczony już obszar wymieniamy (sprawdzamy) najpierw ten z niepewnych elementów, który jest bardziej złożony lub najszybciej zużywający się.

6. *Badania organoleptyczne i obserwacja.* Często charakterystyczny zapach, zmiana koloru elementu, badanie temperatury elementu (dotknięcie palcem), obstukiwanie, osłu-



Rys. 5.1.5. Przykład zastosowania metody podziału na pół dla toru liniowego



Rys. 5.1.6. Cykl badawczy

chiwanie, obserwowanie w ciemności, zauważony wyciek masy hermetyzującej, ślady korozji lub innych zanieczyszczeń dają podstawę do ustalenia uszkodzonego elementu lub usunięcia przyczyny uszkodzena, np. przez usunięcie korozji, osuszenie itp.

7. *Regulacja, strojenie, kalibracja, badania* parametrów statycznych, zdejmowanie charakterystyk dynamicznych, badanie szumów i reakcji w stanach nieustalonych (włączanie i wyłączanie zasilania). Niektóre z uszkodzeń parametrycznych pojawiają się dopiero w pewnych zakresach lub stanach, stąd też dopiero szczegółowa precyzyjna obserwacja może doprowadzić do ich wykrycia.

8. *Porównanie punktów pracy.* W przypadku braku schematu ideowego, dysponując natomiast drugim takim samym i sprawnym urządzeniem można, porównując wyniki pomiarów, uzyskać informacje o uszkodzonym elemencie.

9. *Zmiana warunków pracy układu.* Uszkodzenia przemijające i parametryczne można niekiedy wykryć przez chwilowe obniżenie lub podwyższenie napięcia zasilania (w granicach do 30%), obniżenie lub podwyższenie temperatury pracy „niepewnego" elementu lub całego zespołu.

10. *Pomiar statycznych punktów pracy i analiza oscylogramów.* Dysponując dobrze opracowaną instrukcją serwisową, nawet nie znając szczegółów i nie analizując zasady pracy, a porównując jedynie wyniki pomiarów można zlokalizować przynajmniej obszar uszkodzenia, a następnie metodą prób wymienić uszkodzony element.

11. *Zwieranie i rozwieranie obwodów i elementów.* Odłączając pętle sprzężenia zwrotnego, zwierając lub rozwierając niektóre obwody, wejścia lub wyjścia można wnioskować o charakterze uszkodzenia. Sposobem tym należy jednak posługiwać się z pewnym wyczuciem, najlepiej popartym wcześniejszym doświadczeniem, albowiem odłączenie pętli sprzężenia zwrotnego lub zwarcia w obwodach mocy (zasilanie) może spowodować dodatkowe uszkodzenia.

Na zakończenie warto wspomnieć o uniwersalnym sposobie systematycznego poszukiwania uszkodzenia, szczególnie przydatnym w torach liniowych. Metoda podziału na pół, o której tu mowa, polega na systematycznym ograniczaniu obszaru badanego w połowie jego długości. Postępując w ten sposób najszybciej dotrzemy do celu, krocząc natomiast po kolei będziemy musieli dokonać $n-1$ kroków, gdzie n to liczba bloków lub elementów. Na przykład szukając uszkodzonej żarówki w torze liniowym (rys. 5.1.5) złożonym z 8 szeregowo połączonych lampek i mierząc w tym celu oporność od lewego końca już przy trzecim pomiarze znajdziemy uszkodzone miejsce.

5.1.5 Schemat postępowania przy wykrywaniu uszkodzeń

Każdy skuteczny proces naprawy powinien przebiegać konsekwentnie i planowo. Umiejętność posługiwania się takim planem niejako gwarantuje lokalizację uszkodzenia w dowolnym urządzeniu.

Procedura skutecznej naprawy każdego urządzenia:

1) ogólne zapoznanie się z naprawianym urządzeniem, wstępne badanie wejść i wyjść oraz elementów regulacji, przełączników itp.,
2) zrozumienie zasady działania urządzenia, zapoznanie się ze schematem blokowym, konstrukcją, instrukcją obsługi, schematem ideowym,
3) analiza objawów uszkodzenia i postawienie hipotezy co do rodzaju uszkodzenia i przyczyny jego powstania
4) ustalenie strategii poszukiwania uszkodzenia i wybór metody lokalizacji,
5) systematyczne badanie urządzenia przyjętymi metodami, pomiary, synteza i analiza wyników w kolejnych cyklach badawczych,
6) lokalizacja uszkodzenia, naprawa lub wymiana uszkodzonego elementu, regulacja po naprawie,
7) zrozumienie przyczyny powstania uszkodzenia, upewnienie się co do jego przyczyn i skutków,
8) testowanie i wygrzewanie urządzenia po naprawie oraz sprawdzenie w rzeczywistych warunkach eksploatacji i narażeń.

Naprawiając urządzenie znane można znacznie uprościć powyższy schemat postępowania i przejść bezpośrednio do badań zapewniających szybką lokalizację uszkodzenia.

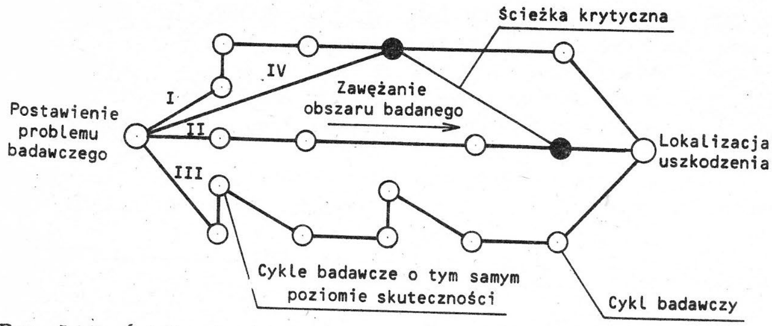
5.1.6 Cykl badawczy i ścieżka krytyczna procesu naprawy

Proces naprawy od chwili określenia problemu do chwili lokalizacji uszkodzenia postępuje etapami. Etapy te można nazywać *cyklami badawczymi.* Każdy z nich stanowi zamkniętą całość (rys. 5.1.6).

Elementy cyklu badawczego:

1) synteza wyników uprzednich badań,
2) postawienie hipotezy uszkodzenia (problem badawczy),
3) dokonanie pomiaru (badanie),
4) podsumowanie i interpretacja wyników pomiarów (informacje z badania),
5) analiza dotychczasowych badań i wyników ostatnich pomiarów,
6) postawienie wniosku i przejście do następnego cyklu badawczego.

Przechodząc do kolejnego cyklu badawczego będziemy poruszali się po pewnej ścieżce. W zależności od doświadczenia, posiadanej wiedzy, dokumentacji technicznej, możliwości badawczych (wyposażenia w narzędzia pomiarowe) oraz predyspozycji naprawiającego, do rozwiązania problemu będzie potrzebna różna liczba cykli badawczych. Stąd też można



Rys. 5.1.7. Ścieżka krytyczna

mówić o istnieniu *ścieżki krytycznej*, tj. pozwalającej najszybciej dotrzeć do celu. Należy więc odnaleźć ścieżkę krytyczną lub też możliwie zbliżyć się do niej. Na rysunku 5.1.7 przedstawiono schematycznie przebieg ścieżki krytycznej. Pokazano cztery ścieżki prowadzące do lokalizacji uszkodzenia. Poruszanie się w poziomie zapewnia sukcesywne i systematyczne zbliżanie się do rozwiązania problemu. Ruchy w pionie lub nawet wsteczne to cykle badawcze nieskuteczne (zbędne) lub wadliwe wynikające z błędów pomiarowych lub logicznych.

5.1.7 Organizacja napraw i jej aspekty ekonomiczne

Organizacja prac naprawczych ma zasadniczy wpływ na niezawodność napraw, a tym samym i urządzeń. Dlatego też wielu renomowanych producentów traktuje serwis jako integralny element procesu wytwarzania. W serwisie prowadzonym na dużą skalę, a zwłaszcza w przypadku dużych systemów należy stosować daleko idącą specjalizację, zmniejsza to bowiem czas i koszty naprawy oraz zapewnia wymaganą niezawodność i jakość. Prawidłowy przebieg naprawy wymaga właściwego uzbrojenia stanowisk serwisowych w aparaturę pomiarową, dokumentację techniczną i stałego podnoszenia kwalifikacji personelu technicznego.

Koszty napraw są zdeterminowane ceną i klasą urządzenia, wymaganymi kwalifikacjami technicznymi, klasą aparatury pomiarowej, ceną części zamiennych oraz kosztami organizacyjnymi i transportu. Przystępując do naprawy należy szacunkowo określić granicę opłacalności i jeśli koszty naprawy ją przekraczają — zaniechać naprawy. Większość popularnych zegarków i kalkulatorów elektronicznych konstruuje się jako nienaprawialne, koszty naprawy często przewyższają koszty wytwarzania.

5.2 Procedury naprawy kalkulatorów i zegarków elektronicznych

5.2.1 Ogólna procedura naprawy kalkulatorów elektronicznych

Ze względu na dużą różnorodność konstrukcji tak pod względem rozwiązań mechanicznych, jak i elektrycznych, przedstawiony tu opis zawiera jedynie wskazówki ogólne, które jednak powinny umożliwić dokonanie skutecznej naprawy.

A. *Czynności wstępne.*

1. Przyjmując kalkulator do naprawy, należy opisać jego stan techniczny, ocenić charakter uszkodzenia, poinformować klienta o przybliżonej cenie usługi i o możliwościach technicznych warsztatu, warto również zastrzec sobie prawo do pobrania należności za ekspertyzę w przypadku nieopłacalności lub niemożliwości dokonania naprawy.

2. Po zapoznaniu się z klawiaturą, funkcjami przełączników i polem odczytowym, włącza się zasilanie, używając do tego zasilacza serwisowego lub baterii próbnej (stare baterie najlepiej usunąć) i, jeśli jest to możliwe, wykonuje się obliczenia testowe.

3. Następnie mierzy się pobór prądu i porównuje wynik pomiaru z wartością zwykle podaną na odwrocie kalkulatora lub obliczoną na podstawie mocy kalkulatora.

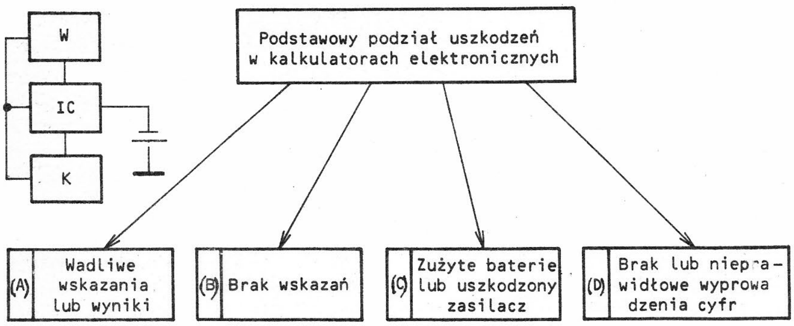
B. *Postawienie lub sprecyzowanie hipotezy o rodzaju uszkodzenia.*

1. Analizując wyniki badań oraz zgłoszone uwagi użytkownika, można postawić wstępną hipotezę o rodzaju uszkodzenia. Niewłaściwy pobór prądu świadczy najczęściej o uszkodzeniu w obwodzie zasilania, układzie przetwornicy lub stabilizatora. Brak wskazań, wadliwe wyświetlanie cyfr i niewłaściwe wykonywanie rozkazów z klawiatury może świadczyć o uszkodzeniu głównego układu scalonego, wzmacniaczy sterujących wskaźnik, a także o mechanicznym lub elektrycznym uszkodzeniu wskaźnika czy klawiatury. Dosyć częstą przyczyną uszkodzeń jest wylanie elektrolitu z baterii do wnętrza kalkulatora, co objawia się zablokowaniem klawiatury i wyświetlaniem dodatkowych segmentów.

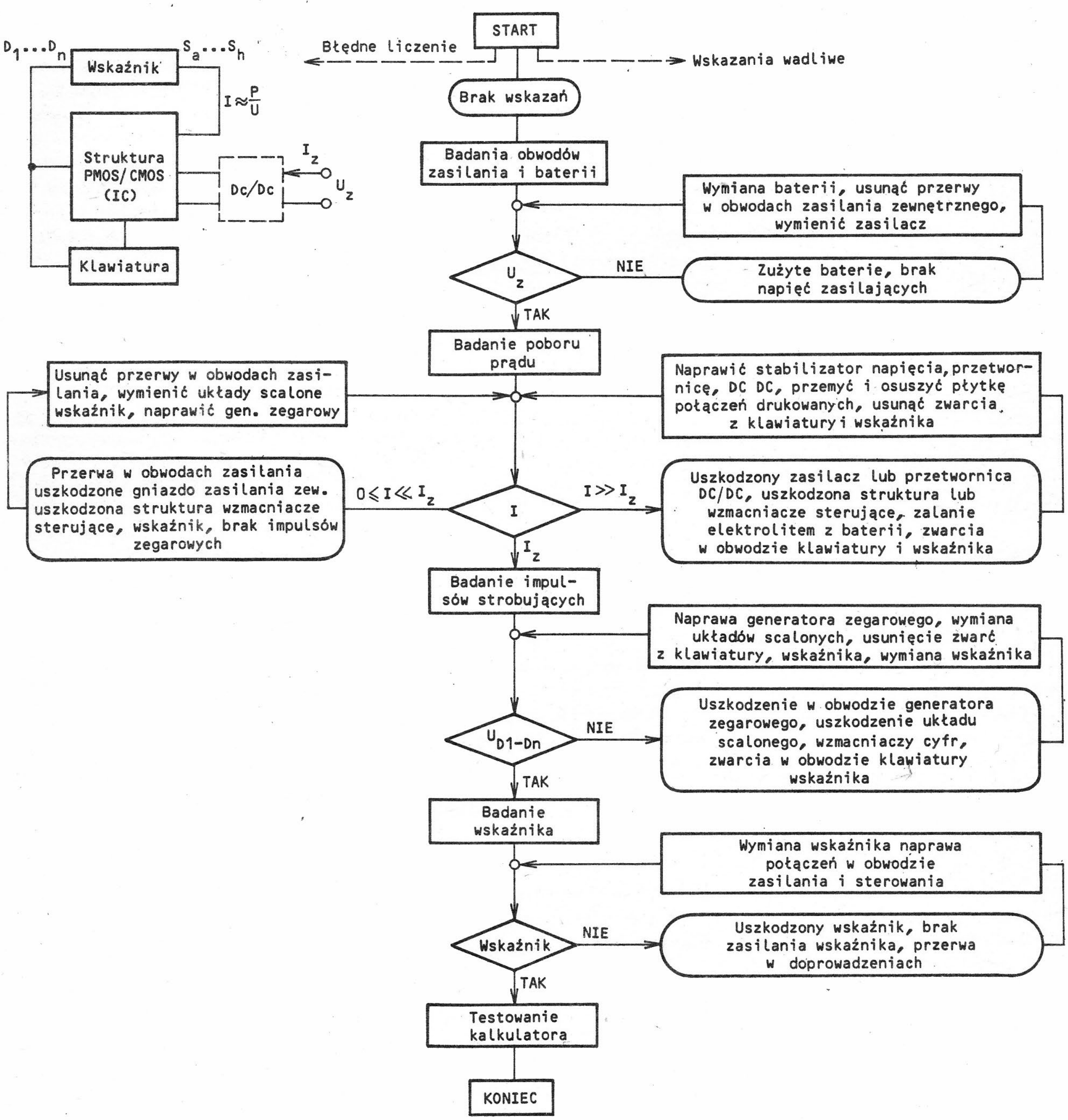
2. Teraz należy zapoznać się z wewnętrzną konstrukcją i organizacją kalkulatora oraz dokonać identyfikacji elementów. Aby zdemontować kalkulator, należy najpierw odkręcić wkręty łączące połówki obudowy (wkręty te mogą znajdować się w różnych miejscach np. w pojemniku na baterie, pod blaszkami maskującymi, pod naklejkami, w zagłębieniach na nóżki gumowe itp.). Następnie należy uwolnić pierwszy zatrzask, znajdujący się najczęściej w okolicach pojemnika na baterie i delikatnie podważając śrubokrętem i wywierając odpowiedni nacisk palcami rozewrzeć połówki obudowy. Czynności te należy przeprowadzać bardzo rozważnie i ostrożnie, aby nie uszkodzić zatrzasków lub wskaźnika w wyniku deformacji obudowy. Warto też zapamiętać ułożenie klawiszy, w niektórych bowiem konstrukcjach klawiatur mogą one wypaść w trakcie otwierania.

C. *Lokalizacja uszkodzenia.*

1. Informacje uzyskane w etapach **A** i **B** powinny być podstawą do wyboru metody lokalizacji i określenia rodzaju uszkodzenia. Ogólny podział uszkodzeń przedstawiono na rys. 5.2.1.



Rys. 5.2.1. Ogólny podział uszkodzeń w minikalkulatorach



Rys. 5 2.2. Schemat logiczny postępowania przy lokalizacji uszkodzeń w minikalkulatorach w przypadku braku wskazań

Przyczynami wadliwych wskazań lub wyniku (A) mają być:

— zbyt niskie napięcie zasilania, uszkodzenie stabilizatora lub przetwornicy lub zużycie baterii,
— użycie niewłaściwego zasilacza (brak stabilizacji),
— uszkodzenie układu scalonego lub wzmacniaczy sterujących,
— uszkodzenie wskaźnika lub jego doprowadzeń,
— zła częstotliwość generatora impulsów zegarowych,
— zużycie lub zabrudzenie klawiatury,
— błędna kolejność obliczeń.

Przyczynami braku wskazań (B) mogą być:

— brak napięć zasilających, uszkodzenie przetwornicy lub zużycie baterii,
— użycie niewłaściwego zasilacza (np. odwrotna polaryzacja),
— uszkodzenie układu scalonego lub wzmacniaczy sterujących,
— brak oscylacji generatora impulsów zegarowych,
— uszkodzenie lub zużycie włókna żarzenia we wskaźniku fluorescencyjnym,
— korozję na stykach baterii,
— przerwę w połączeniu w gnieździe zasilania zewnętrznego lub uszkodzonym włącznika zasilania,
— zalanie płyty połączeń drukowanych elektrolitem z baterii.

Przyczynami zużycia baterii lub uszkodzenia zasilacza (C) mogą być:

— uszkodzenie tranzystora, diody lub kondensatora elektrolitycznego w przetwornicy,
— zastosowanie niewłaściwej lub przeterminowanej baterii,
— uszkodzenie układu scalonego lub wskaźnika,
— przegrzanie się transformatora sieciowego lub przerwę w jego uzwojeniach,
— zwarcie we wtyku lub gnieździe zasilającym.

Przyczynami braku lub nieprawidłowego wprowadzania cyfr (D) mogą być:

— zbyt niskie napięcie zasilania (zużyte baterie),
— uszkodzenie układu scalonego lub wskaźnika,
— zalanie płyty połączeń drukowanych lub klawiatury elektrolitem z baterii,
— zużycie lub zabrudzenie klawiatury.

2. W zależności od występujących objawów przeprowadza się następujące badania, pomiary i naprawy:

— pomiary napięć i prądów,
— kontrola impulsów zegarowych oraz sterujących klawiaturę i wyświetlanie,
— badanie i usuwanie zwarć, przerw, pęknięć na druku, zimnych lutów, uszkodzonych metalizacji oraz wymiana zestyków w klawiaturze,
— usuwanie zabrudzeń, pozostałości elektrolitu z baterii, przemywanie spirytusem i osuszanie,
— badanie i wymiana elementów dyskretnych, układów scalonych lub wskaźnika.

3. Po wymianie uszkodzonego elementu należy niekiedy dokonać niezbędnych regulacji, korekcji napięć w obwodach zasilania, sprawdzić jakość połączeń i okablowania, przemyć spirytusem połączenia, zabezpieczyć lakierem elementy i powierzchnie lutowane, dokręcić zluzowane śruby itp.

4. Zmierzyć wartość pobieranego prądu i przeprowadzić krótki test działania klawiatury i przełączników.

Sposób postępowania w przypadku braku wyświetlania przedstawiono za pomocą schematu logicznego na rys. 5.2.2.

D. *Zakończenie naprawy.*

1. Montaż kalkulatora przebiega w kolejności odwrotnej niż jego demontaż. Czynności związane z montażem należy wykonywać dokładnie i z dużą uwagą, aby nie spowodować uszkodzeń mechanicznych (zwłaszcza wskaźnika).

2. Następnie należy wymienić baterie oraz sprawdzić pracę z zasilaczem zewnętrznym.

3. Kolejno należy przetestować kalkulator wstępnie i — jeśli to możliwe — pozostawić go pod napięciem przez pewien czas a następnie powtórzyć test.

4. Przetrzeć następnie obudowę zwilżoną gąbką, pole odczytowe, a miejsca niedostępne odkurzyć pędzelkiem z miękkiego włosia.

5. Dokonać rozliczenia naprawy.

5.2.2 Procedura naprawy zegarków elektronicznych

Sposób naprawy zegarków stołowych zbudowanych z elementów TTL lub PMOS jest bardzo podobny do opisanej w p. 5.2.1 procedury naprawy minikalkulatorów.

Poniżej przedstawiono kolejne etapy naprawy zegarka naręcznego ze wskaźnikiem LCD (podobnie postępujemy również przy naprawie minikalkulatora LCD).

A. *Czynności wstępne.*

1. Zapoznać się ogólnie z zegarkiem, funkcjami przycisków i opisem tarczy (pola odczytującego).

2. Skontrolować stan baterii przez włączenie podświetlania (zanikające w tym czasie wskazanie świadczy o zużyciu baterii).

3. Ustawić czas (jeśli to możliwe) i sprawdzić pozostałe funkcje zegarka.

4. Zapoznać się z uwagami użytkownika.

5. Sprawdzić odchyłkę dobową zegarka.

B. *Postawienie lub sprecyzowanie hipotezy o uszkodzeniu.*

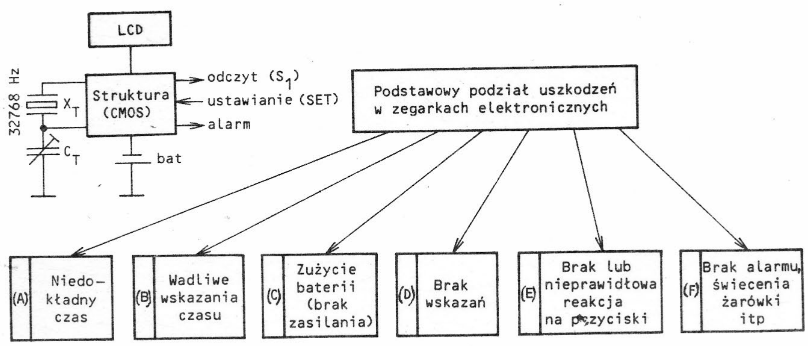
1. Już podczas wstępnych badań można ustalić rodzaj uszkodzenia. Może nim być: wyładowana bateria, rozstrojony obwód rezonatora, uszkodzony mechanicznie wskaźnik, niestabilny zestyk przycisku lub uszkodzenie logiczne w strukturze.

2. Zdemontować zegarek przez odkręcenie lub podważenie denka. Aby nie porysować szkiełka, zegarek należy położyć na miekkiej i czystej tkaninie. Otwierając koperty z tworzyw sztucznych należy zwrócić uwagę, aby nie zerwać zatrzasku i nie uszkodzić wskaźnika.

3. Wyjąć baterię, sprawdzić jej stan, oczyścić styki i pojemnik na baterie dokręcić wkręty mocujące styki

4. Sprawdzić wartość pobieranego przez moduł prądu za pomocą zasilacza serwisowego. Prąd ten powinien wynosić 2...5 µA.

5. Jeżeli wartość pobieranego prądu jest właściwa i zegarek wskazuje czas, jest prawidłowo zestrojony lub wymaga tylko korekcji odchyłki dobowej, to wymienia się baterię.



Rys. 5.2.3. Ogólny podział uszkodzeń w naręcznych zegarkach elektronicznych

ustawia czas i pozostawia zegarek do obserwacji na jedną dobę.

C. *Lokalizacja uszkodzenia.*

1. Informacje uzyskane w części **A** i **B** są podstawą do wyboru metody lokalizacji i klasyfikacji uszkodzenia. Ogólny podział uszkodzeń pokazano na rys. 5.2.3.

Przyczynami niedokładnego czasu (A), mogą być:

— brak zestrojenia obwodu oscylatora kwarcowego,
— niesprawność rezonatora kwarcowego,
— uszkodzenie struktury logicznej.

Przyczynami wadliwego wskazania (B) mogą być:

— złe ustawienie czasu,
— samoistne przestawienie czasu wskutek doznanego udaru mechanicznego, silnego nasłonecznienia lub elektryzacji,
— zbyt niskie napięcie baterii, powodujące przerwy w pracy oscylatora kwarcowego, zwłaszcza w chwili obciążenia baterii żarówką,
— wadliwa praca układów logicznych struktury, co może być również spowodowane zbyt niskim napięciem baterii,
— uszkodzenie rezonatora kwarcowego,
— uszkodzenie mechaniczne płytki podłożowej lub wskaźnika,
— brak zestyku na przepustach przewodzących (korozja, nieprawidłowo zmontowany moduł),
— przerwy w połączeniach struktury z płytką podłożową (przesuwający się odbłyśnik może przerwać wyprowadzenia wystające z masy uszczelniającej),
— uszkodzenie połączeń w wyniku starzenia się masy uszczelniającej strukturę.

Przyczynami braku zasilania (zużycia baterii (C)) mogą być:

— naturalne (po około roku) zużycie baterii,
— użycie wadliwej i starej baterii,
— wydzielanie się z baterii soli, powodującej korozję styków,
— wadliwe zamocowywanie baterii, niedokręcenie wkrętów mocujących blaszki stykowe, przerwy na druku w płytce podłożowej,
— zbyt duża wartość pobieranego przez moduł prądu,
— zwarcie w obwodzie zasilania żarówki,
— przedostanie się wody lub pary wodnej do zegarka (korozja styków),
— zbyt częste używanie alarmu i oświetlenia.

Przyczynami braku wskazania (D) mogą być:

— niewzbudzenie oscylatora kwarcowego,
— brak zasilania, uszkodzenie przetwornicy lub podwajacza napięcia,
— uszkodzenie rezonatora, przerwa bądź zwarcie w jego obwodzie,
— brak kondensatora w podwajaczu napięcia, zwarcie lub przerwa w obwodzie tego kondensatora,
— uszkodzenie struktury lub pęknięcie płytki podłożowej,
— zanieczyszczenie lub zawilgocenie zegarka, zwłaszcza w pobliżu rezonatora kwarcowego,
— brak folii polaryzującej na wskaźniku LCD.

Przyczynami braku reakcji lub nieprawidłowej reakcji na przyciski (E) mogą być:

— brak połączenia dodatniego bieguna baterii z kopertą zegarka,
— wadliwy styk (blaszka) z połączeniem drukowanym w module,
— blokowanie się lub niedochodzenie przycisku do styku w module,
— korozja lub zabrudzenie styków,
— uszkodzenie w strukturze lub w połączeniu z płytką podłożową,
— przesuwanie się modułu w kopercie lub zwarcie na stałe jednego z przycisków,
— zbyt niskie napięcie baterii.

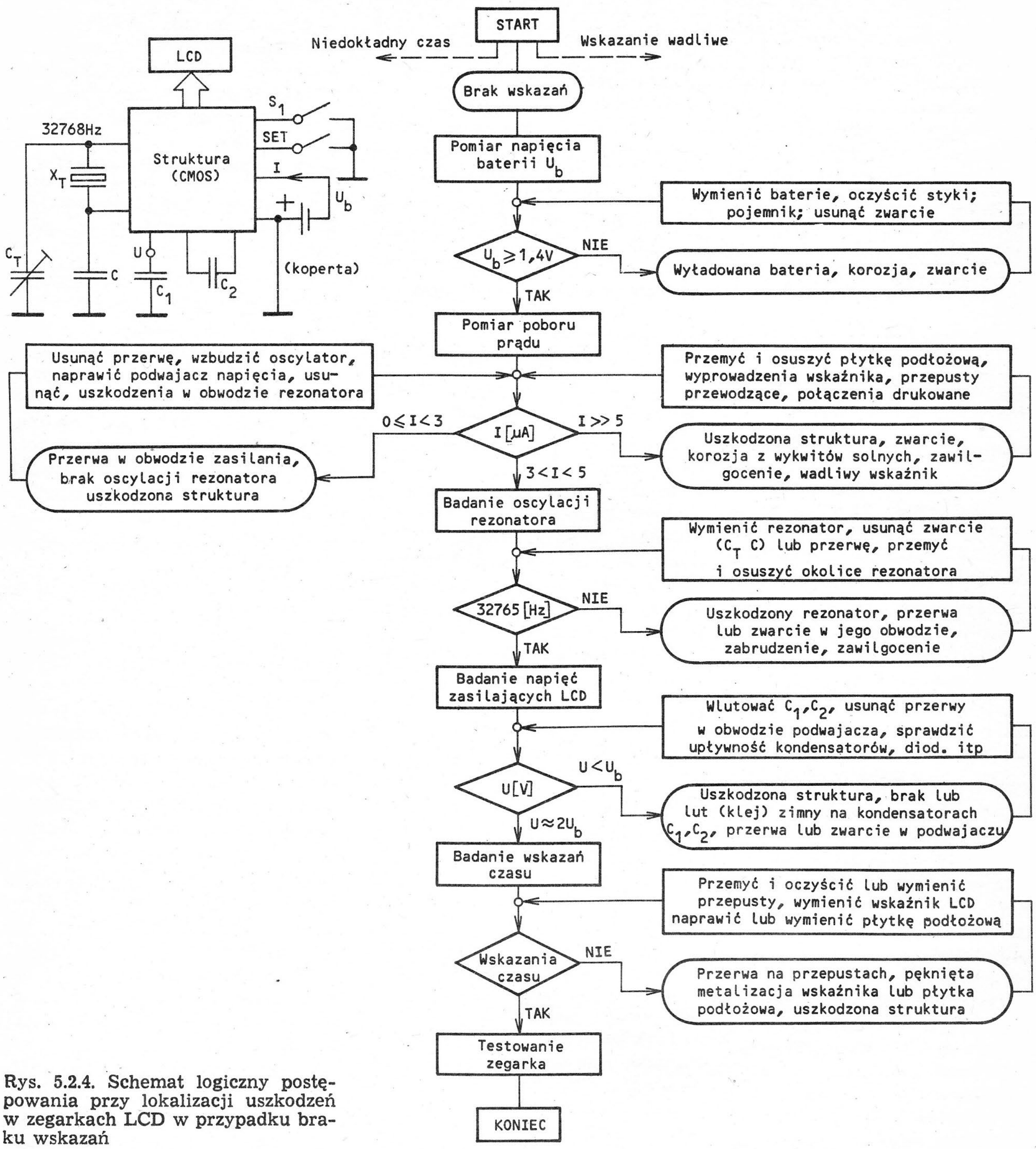
Przyczynami braku alarmu lub świecenia żaróweczki (F) itp. mogą być:

— brak połączenia z przetwornikiem akustycznym,
— uszkodzenie mechaniczne lub zwarcie przetwornicy,
— przerwa w obwodzie cewki przetwornika alarmu,
— uszkodzenie tranzystora sterującego,
— uszkodzenie struktury zegarka lub doprowadzeń do płytki podłożowej,
— pęknięcie, przepalenie lub zwarcie żarówki,
— zimny lut w miejscu przyłączenia żarówki.

2. Przy demontażu modułu najczęściej należy odkręcić cztery wkręty znajdujące się na jego obwodzie bądź też odpiąć metalowe lub plastykowe zatrzaski. Niektóre moduły są nierozbieralne i ich naprawa jest utrudniona albowiem należy zniszczyć nitowane (zgrzewane) połączenia, a po naprawie skleić je lub zgrzać, co nie zawsze się już udaje. Rozbierając moduł musimy postępować niesłychanie ostrożnie, moment nieuwagi bowiem może spowodować zniszczenie (gołe struktury) zegarka.

3. W zależności od stwierdzonych objawów wykonuje się następujące czynności:

— sprawdzenie rezonatora na próbniku i ewentualna wymiana rezonatora,
— zestrojenie obwodu oscylatora przez wymianę rezonatora lub dołączenie do niego kondensatorów bądź trymera,
— sprawdzenie połączeń, usunięcie zwarć i przerw na druku,
— przemycie spirytusem płytki podłożowej, styków, wyprowadzeń wskaźnika, usunięcie korozji,
— wymiana wskaźnika, układu scalonego, żarówki,
— sprawdzenie połączeń elementów dyskretnych, usunięcie zimnego lutu lub wadliwego połączenia klejowego,



Rys. 5.2.4. Schemat logiczny postępowania przy lokalizacji uszkodzeń w zegarkach LCD w przypadku braku wskazań

— sprawdzenie (pod mikroskopem technicznym) połączeń ze strukturą, sklejenie lub przylutowanie połączeń.

Sposób postępowania przy braku wskazań przedstawiono za pomocą schematu logicznego na rys. 5.2.4.

4. Montaż zegarka zasadniczo przebiega odwrotnie niż demontaż. Należy zwrócić szczególną uwagę na właściwe położenie wskaźnika LCD (polaryzatorów, folii odblaskowej), przepustów przewodzących i żarówczki. Powstałe naprężenia mogą spowodować pęknięcie wskaźnika lub płytki podłożowej czy połączeń do struktury podczas skręcania lub w przyszłej eksploatacji.

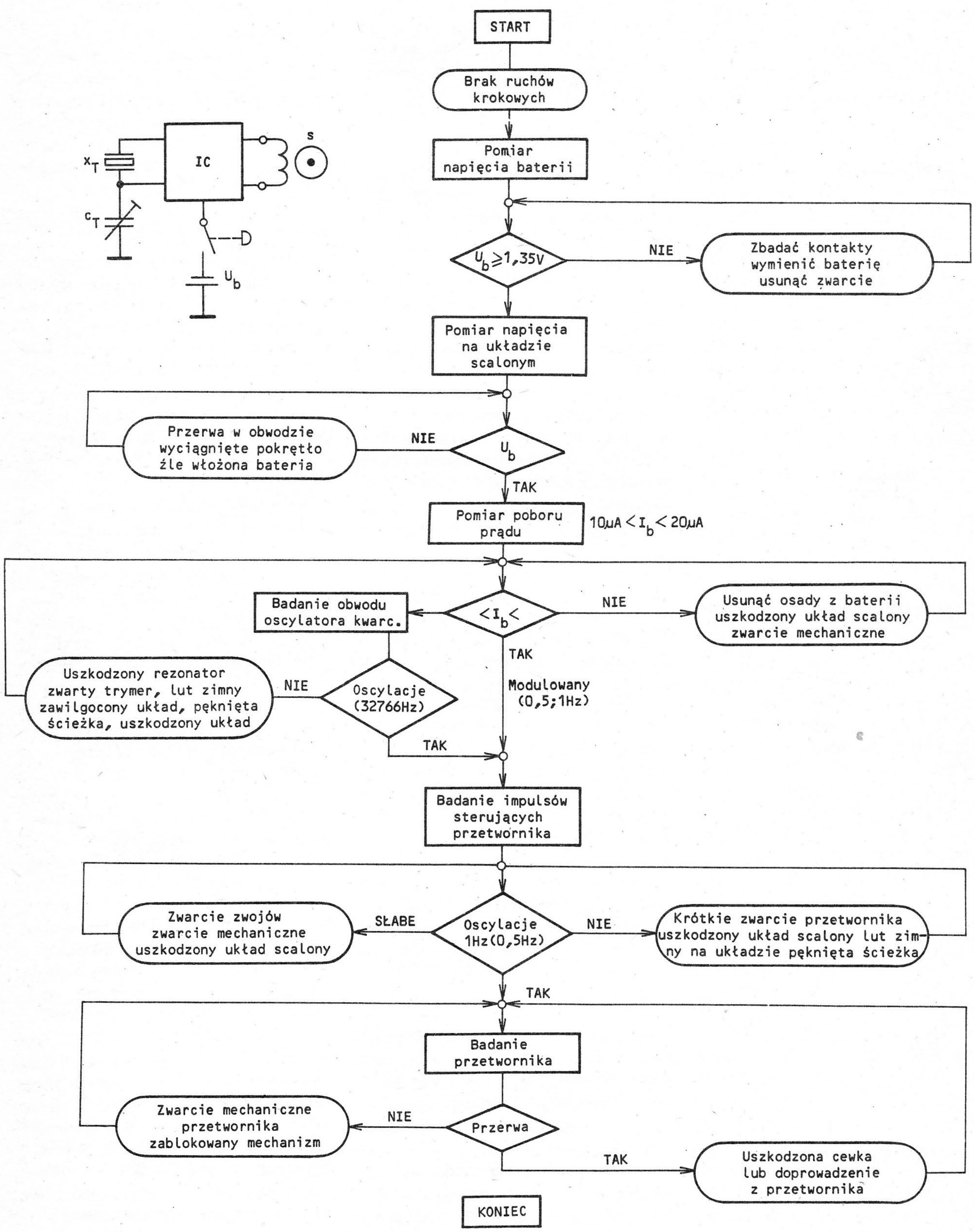
5. Po zmontowaniu modułu należy zmierzyć pobór prądu i odchyłkę dobową oraz sprawdzić funkcje zegarka.

6. Przed wmontowaniem modułu do koperty sprawdza się czystość jej, przyklejenie szkiełka oraz pracę przycisków, następnie delikatnie — zgodnie z opisem na tarczy — wsuwa się moduł do wnętrza (dla ułatwienia są w kopercie specjalne wycięcia).

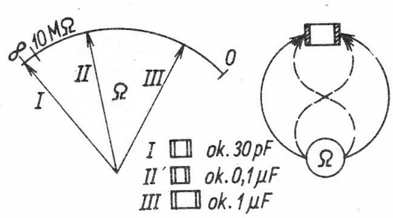
D. *Zakończenie naprawy.*

1. Wymienić baterię zgodnie z zasadami podanymi w rozdziale 6.

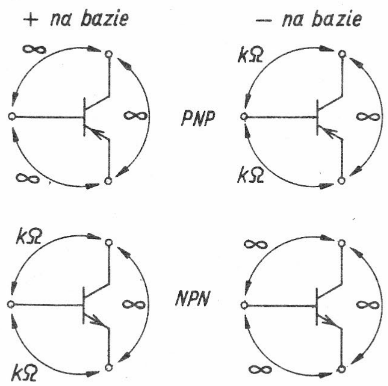
2. Zamknąć kopertę. W trakcie zamykania należy sprawdzić położe-



Rys. 5.2.5. Schemat logiczny postępowania przy lokalizacji uszkodzeń analogicznych zegarków kwarcowych



Rys. 5.2.6. Praktyczny sposób selekcji kondensatorów



Rys. 5.2.7. Sposób testowania tranzystorów bipolarnych małej mocy

nie uszczelki i ułożenie baterii w pojemniku. Brak uszczelki lub wysunięcie się baterii z pojemnika podczas zatrzaskiwania koperty lub zakręcania denka może spowodować nawet zniszczenie zegarka.

3. Ustawić czas i przetestować zegarek. Niektóre z zegarków po wymianie baterii wymagają wzbudzenia oscylatora (wciśnięcia przycisku SET lub S1). W zasadzie po włożeniu baterii lub po wzbudzeniu na wskaźniku powinna ukazać się godzina dwunasta lub pierwsza, w przeciwnym przypadku będzie problem z ustawieniem kalendarza (zamiast AM i PM mogą pojawiać się przypadkowe cyfry a liczniki mogą zliczać np. do 100). W tej sytuacji należy wyzerować liczniki (wskazanie godzin 12:00 lub 1:00) przytrzymując przycisk S_1 przez wciśnięcie i zwolnienie przycisku SET lub przez samoistne uporządkowanie liczników wskutek wyjęcia baterii i włożenie jej po kilkunastu minutach.

4. Sprawdzić wrażliwość zegarka na wstrząsy (trzymając w ręku uderzać ręką o rękę).

5. Skontrolować pracę zegarka po upływie pierwszej doby. Zdarza się bowiem, że niektóre wady zegarka ujawniają się po jakimś czasie lub następuje ponowne pojawienie się usterki.

6. Rozliczyć naprawę.

Naprawa zegarków LED przebiega w zasadzie podobnie, z tym że mierzy się dwa prądy, tj. prąd ciemny, który pobiera struktura, wynoszący do 10 μA, i prąd wyświetlania, zawierający się w granicach 10... 50 mA.

5.2.3 Procedura naprawy analogowych zegarków kwarcowych

Przebieg naprawy zegarków analogowych (wskazówkowych) przedstawiono w postaci schematu logicznego na rys. 5.2.5. Procedurę naprawy zegarka ograniczono tutaj do uruchamiania przetwornika lub ustalania, dlaczego nie pracuje (pomija się uszkodzenia mechaniczne przekładni zębatych).

Naprawę należy rozpocząć od sprawdzenia stanu baterii i wartości prądu pobieranego przez układ elektroniczny. Badanie oscylatora wykonuje się przy użyciu chronokomparatora lub miernika częstotliwości. Obecność impulsów wyjściowych o częstotliwości 0,5 lub 1 Hz można łatwo sprawdzić przykładając do wyprowadzeń układu scalonego zasilających przetwornik końcówki woltomierza (miernik ustawiony na zakres 3 V/dc). Impulsy wyjściowe powodują rytmiczne wychylanie się wskazówki wokół zera miernika. Przetwornik sprawdza się za pomocą omomierza (miernik ustawiony na zakres niskich rezystancji) lub źródła napięcia, np. baterii półtorawoltowej. Prawidłowo reagujący przetwornik będzie wykonywał ruchy krokowe przy zmianach biegunowości omomierza lub baterii a omomierz będzie wskazywał przepływ prądu. Próby naprawy przetwornika kończą się najczęściej niepowodzeniem. Strojenie i regulacja odchyłki dobowej odbywa się w taki sam sposób jak w pozostałych zegarkach elektronicznych. W przypadku występowania zacięć mechanicznych przekładni zębatych należy je delikatnie zdemontować, przemyć w czystej benzynie i sprawdzić pod lupką stan zębów i naprawić uszkodzenia.

5.2.4 Testowanie podzespołów zegarków elektronicznych i kalkulatorów

1. *Kondensatory dyskretne.*

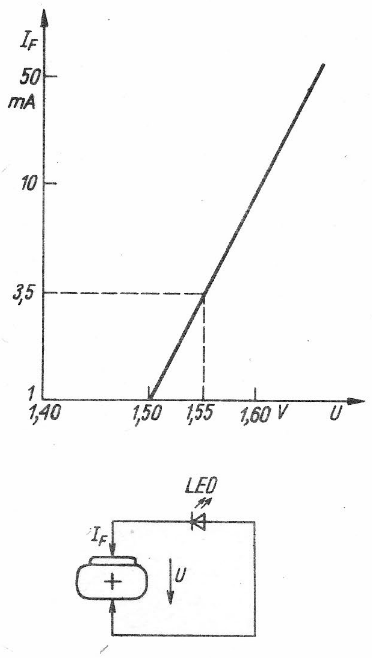
Kondensatory te sprawdza się omomierzem ustawionym na zakres do 100 MΩ. Mierząc na przemian amplitudę prądu ładowania i rozładowania poprzez omomierz, można dokonać oceny pojemności kondensatorów w trzech grupach, jak to pokazano na rys. 5.2.6.

2. *Diody i tranzystory bipolarne małej mocy.*

Stosuje się tu najczęściej miernik uniwersalny ustawiony na zakres omomierza do 100 kΩ. Na tym zakresie napięcie między końcówkami badanego elementu ma wartość mniejszą niż 1 V (w mierniku uniwersalnym polaryzacja omomierza z reguły jest odwrotna niż woltomierza). Sposób sprawdzania tranzystorów krzemowych pokazano na rys. 5.2.7.

3. *Rezonatory kwarcowe.* Stosuje się w tym przypadku zwykle jeden z uszkodzonych zegarków elektronicznych LCD, o wadliwie funkcjonującym obwodzie logicznym. Badany rezonator przylutowuje się do giętkich przewodów, przyłączonych na stałe do obwodu oscylatora. Wadliwy rezonator nie spowoduje oscylacji generatora, a więc i wskaźnik nie zaświeci lub oscylacje będzie można na chwilę wymusić przez uderzenie (np. rączką śrubokręta). Do innych objawów wadliwej pracy oscylatora kwarcowego można zaliczyć jaskrawe zapalenie się jednej z cyfr lub migotanie całego wskaźnika w zegarku LED, zapalenie się wszystkich segmentów z jednoczesnym migotaniem całego wskaźnika, nieregularne pulsowanie dwukropka lub brak reakcji na ustawianie w zegarkach LCD. Wzbudzenie rezonatora w jego rzeczywistych warunkach pracy stanowi pierwszy etap testu. Następnie za pomocą chronokomparatora lub miernika częstotliwości należy zmierzyć częstotliwość jego drgań. Dla rezonatora 32 768 Hz odchyłka nie powinna być większa niż 10 Hz i mniejsza niż 1 Hz, przy kondensatorach usuniętych z obwodu oscylatora.

4. ***Baterie pastylkowe.*** **Ocena pojemności baterii jest najczęściej niemożliwa. Ograniczamy się więc do**



Rys. 5.2.8. Sposób wykorzystania charakterystyki diody LED (GaAsP) do testowania baterii tlenkowo-srebrowych

pomiaru napięcia przy znamionowym obciążeniu. Baterie tlenkowo-srebrowe do zegarków LCD, o napięciu znamionowym 1,55 V, można sprawdzić z wystarczającą dokładnością używając diody LED świecącej na czerwono. Jak widać z charakterystyki pokazanej na rys. 5.2.8, dopiero przy napięciu 1,5 V przez diodę płynie prąd wystarczająco duży. Baterię, przy której zauważymy wyraźny spadek intensywności świecenia należy uznać za już wyładowaną.

5.3 Charakterystyczne uszkodzenia kalkulatorów i zegarków elektronicznych oraz sposoby ich usuwania

5.3.1 Zalanie kalkulatora elektrolitem z baterii lub inną cieczą

Jakość krajowych baterii, a zwłaszcza R6 (popularnych paluszków), pozostawia wiele do życzenia tak pod względem ich pojemności, jak i szczelności. Wyciek elektrolitu z baterii jest częstą przyczyną uszkodzeń, a nawet nieodwracalnych zniszczeń. Aby ustrzec się przed taką niespodzianką, należy zasilać kalkulator z zewnętrznego zasilacza lub po zakończeniu obliczeń wyjmować baterie z pojemnika. Procesy korozyjne przebiegają tak szybko, że już po kilku godzinach po wycieku elektrolitu następuje całkowite wytrawienie powłok ochronnych w klawiaturze.

Zalany elektrolitem kalkulator należy niezwłocznie zdemontować i zamoczonym w spirytusie lub denaturacie pędzelkiem, tamponem z waty czy ściereczką usunąć mechaniczne ślady elektrolitu i jego produkty korozyjne. Większe płaszczyzny (klawiatura, obudowa) można przemyć najpierw ciepłą wodą z mydłem, a następnie dokładnie spirytusem. Po wysuszeniu pod strumieniem ciepłego powietrza, należy przy użyciu lupy dokładnie skontrolować wszystkie połączenia i wyskrobać zauważone resztki elektrolitu. Bardzo małe ilości zaschniętego elektrolitu są częstą przyczyną długich i żmudnych poszukiwań. W ostateczności należy zdemontować wadliwy element (układ scalony, wskaźnik, drabinka oporowa), dokładnie przemyć go w spirytusie, osuszyć i ponownie zamontować. Dobre wyniki uzyskuje się przecierając płytkę drukowaną szczotką z twardego włosia (po uprzednim przemyciu i osuszeniu płytki). Używany do przemywania spirytus jest rozpuszczalnikiem obojętnym, powoduje jednak zmatowienie powierzchni niektórych tworzyw (zwłaszcza przezroczyste tworzywo na wskaźniku). Aby usunąć z płytki drukowanej ślady po zalaniu, należy ją delikatnie przemyć benzenem.

5.3.2 Uszkodzenia w obwodach zasilania

Usterki w obwodach zasilania są najczęstszą przyczyną uszkodzeń kalkulatorów.

W kalkulatorach stołowych przyczynami uszkodzeń mogą być: przerwa w kablu zasilającym, przepalenie się bezpiecznika, uszkodzenie tranzystora szeregowego lub diody Zenera w stabilizatorze, pęknięcie druku w okolicy transformatora lub lut zimny na doprowadzeniu kondensatora elektrolitycznego. Wyciek elektrolitu z baterii powoduje często uszkodzenie przełączników, gniazd zasilania zewnętrznego oraz styków w pojemniku na baterie. Zasilenie kalkulatora napięciem o przeciwnej polaryzacji lub też zbyt wysokim powoduje najczęściej uszkodzenie tranzystora przetwornic lub (w przypadku braku zabezpieczenia) zniszczenie układu scalonego czy wskaźnika.

Najczęstszymi przyczynami uszkodzenia przetwornic są: uszkodzenie jednego z tranzystorów, pęknięcie doprowadzenia lub lut zimny na kołku transformatora, uszkodzenie jednej z diod czy kondensatora elektrolitycznego w obwodzie filtru, zwarcie w obwodzie żarzenia lampy fluorescencyjnej. W kalkulatorach ze wskaźnikiem LCD częstą przyczyną wadliwego ich funkcjonowania są produkty korozji elektrolitu osadzone na stykach pojemnika baterii.

5.3.3 Naprawa i konserwacja klawiatur

Klawiatura jest zespołem najbardziej narażonym na uszkodzenia i stąd wymaga częstych napraw i konserwacji. Większość klawiatur konstruuje się z myślą o przyszłym demontażu i naprawie, są jednak i konstrukcje nierozbieralne, których naprawa wymaga sporych umiejętności.

Przed demontażem należy najpierw zapoznać się z budową i organizacją klawiatury, aby podczas jej rozbierania nie spowodować mechanicznych uszkodzeń lub zagubienia któregoś z jej elementów. Powierzchnie stykowe klawiatury należy przemyć spirytusem, bardziej zabrudzone natomiast przetrzeć gumką ołówkową lub szczotką z twardym włosiem. Pól stykowych nie wolno cynować, skrobać nożykiem ani przecierać papierem ściernym. Zestyki sprężyste oraz membrany należy również oczyścić i bardzo delikatnie odkształcając nadać im kształt pierwotny. Przerwy w połączeniach w obrębie klawiatury można naprawić stosując odrobinę kleju przewodzącego lub lutując je bardzo cienkim drucikiem. Należy również oczyścić zestyki z gumy przewodzącej, przekładki plastykowe, sprężyn-

ki, gniazda i klawisze. Montaż klawiatur, zwłaszcza nierozbieralnych, należy przeprowadzać bardzo uważnie i starannie, kontrolując prawidłowe ułożenie klawiszy i elementów klawiatury. Po zmontowaniu sprawdza się poprawność pracy klawiatury przy pomocy testów kontrolnych.

5.3.4 Usuwanie produktów korozji baterii oraz innych zabrudzeń

Sól, jak również śladowe ilości elektrolitu wydzielające się z baterii pastylkowej często stanowią przyczynę niestabilnej pracy i uszkodzeń zegarków oraz kalkulatorów. Mogą to być nawet bardzo małe ilości, często widoczne dopiero okiem uzbrojonym. Układy MOS i wskaźniki LCD są szczególnie wrażliwe na powstające w ich obwodach upływności i zawilgocenia. Dlatego też w zasadzie podczas każdej naprawy należy przemyć spirytusem drukowaną płytkę podłożową, przepusty z gumy przewodzącej, pola kontaktowe na wskaźniku LCD oraz uprzednio oczyszczone mechanicznie styki baterii i pojemnik. Do tego celu używa się pędzelka z miękkim i krótkim włosiem, zwilżonego niewielką ilością czystego spirytusu. Przemyty element osusza się niezwłocznie w strumieniu ciepłego powietrza. Nawet mikroskopijne ilości wody (spirytus zawsze zawiera wodę) mogą spowodować bowiem nieodwracalne uszkodzenia struktury. Najbardziej wrażliwy na zabrudzenie jest obwód rezonatora i dlatego należy go szczególnie dokładnie oczyścić. Przemywając zalewy hermetyzujące należy pamiętać, że mogą one wchłonąć wodę zawartą w rozpuszczalniku. Zabieg należy więc wykonywać przy użyciu jak najmniejszej ilości spirytusu i możliwie jak najszybciej (najbardziej wrażliwe są masy elastyczne). Do przemycia gołej struktury używa się pipety wkraplając na nią odrobinę spirytusu. Następnie, rozdmuchując gruszką, usuwa się jego nadmiar i osusza. Drobne zabrudzenia lub pozostałości po procesie zgrzewania połączeń do struktury usuwa się, pod mikroskopem technicznym, drewnianym ostrzem, np. zrobionym z zapałki lub wykałaczki, a następnie wydmuchuje. Powierzchnie skorodowane należy najpierw ostrożnie oczyścić skalpelem lub szpilką, bądź ewentualnie przetrzeć gumką, a następnie przemyć i osuszyć.

5.3.5 Wymiana i zestrojenie obwodu rezonatora

Większość tanich zegarków pochodzących z Hong Kongu nie ma zestrojonego obwodu rezonatora i często odchyłka dobowa jest tak duża, że jedynym sposobem jej zmniejszenia jest wymiana rezonatora. Praktycznie rezonator udaje się zestroić, jeżeli odchyłka jest nie większa niż +10 Hz (ok. +30 s/dobę). Jeżeli w obwodzie rezonatora znajduje się trymer, to strojenie polega na jego regulacji i pomiarze odchyłki dobowej na chronokomparatorze. W przypadku braku trymera należy najpierw dołączyć w jego miejsce kondensator o pojemności 35 pF (na giętkich wyprowadzeniach) i jeżeli nastąpi przestrojenie oscylatora poniżej jego częstotliwości znamionowej (ujemna odchyłka dobowa), to montuje się trymer i zestraja obwód. Jeżeli natomiast nastąpi tylko częściowe przestrojenie, to należy dołączyć z drugiej strony rezonatora kondensator o pojemności ok. 30 pF i ponownie zmierzyć odchyłkę dobową. Jeżeli nadal odchyłka jest dodatnia, to konieczna jest wymiana rezonatora. Przy odchyłce ujemnej lub większej niż 10 Hz zestrojenie obwodu rozpoczyna się od wymiany rezonatora. Jeżeli zdarzy się, że obwód oscylatora praktycznie nie reaguje na wmontowany fabrycznie trymer, to należy trymer przełączyć na drugą stronę rezonatora. Niekiedy pojemności pasożytnicze układu oscylatora są zbyt duże (dołączenie kondensatorów nie powoduje praktycznie przestrojenia), to wówczas jedynym sposobem zestrojenia jest dobranie rezonatora o odpowiedniej pojemności statycznej C_0. Podobne zjawisko występuje także wtedy, kiedy rezonator ma zbyt dużą pojemność C_0.

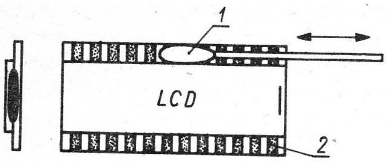
Jako kondensatory dostrojcze o niewielkich pojemnościach (do ok. 10 pF) stosuje się kawałki splecionego drutu w izolacji, cienki drut w emalii nawinięty na kawałku przewodu, krótkie odcinki ekranowanego przewodu lub dwie małe blaszki z przekładką izolacyjną. Używając natomiast kondensatorów dyskretnych należy pamiętać, aby współczynnik temperaturowy zmian ich pojemności był niewielki (kondensatory skompensowane) lub kierunek zmian tego współczynnika — przeciwny niż rezonatora.

W zegarkach krajowych a także niektórych zagranicznych należy przy wymianie zwrócić uwagę na grupę selekcyjną (rozrzut częstotliwości znamionowej) rezonatora tak, aby w trakcie strojenia nie zachodziła konieczność dokonywania dodatkowych zmian w obwodzie oscylatora.

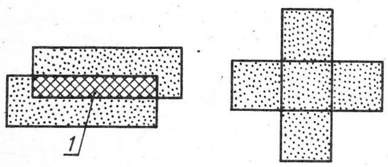
5.3.6 Naprawa wskaźników LCD

Uszkodzenia wskaźników LCD stanowią częstą przyczynę niesprawności zegarków elektronicznych. Niektóre uszkodzenia polegają na pęknięciu doprowadzeń lub zapowietrzeniu, będącym wynikiem udaru lub wad technologicznych. Pojawia się wówczas niespodzianie nieregularna czarna plama i wskaźnik taki jest już zniszczony.

Jedną z charakterystycznych wad wskaźników LCD jest wyświetlanie liczby 18 : 88 lub wzajemne podświetlanie segmentów. Przyczyną tego zjawiska mogą być wewnętrzne zwarcia we wskaźniku, spowodowane zestarzeniem się ciekłego kryształu lub wydostaniem się go poprzez uszczelnienie na wyprowadzenia wskaźnika lub dalej na przepusty z gumy przewodzącej. Podobnie objawiają się silne zabrudzenia czy zawilgocenia. Dokładne przemycie pól kontaktowych wskaźnika czystym spirytusem daje często pozytywne rezultaty, chociaż niekiedy tylko na krótki okres czasu. Do przemywania używa się tępo zakończonej pałeczki z nawleczonym na jej końcu zwitkiem waty, zamoczonym w spirytusie. Sposób przemywania wskaźnika przedstawiono na rys. 5.3.1. Powierzchnie przemywane należy szybko osuszać strumieniem ciepłego powietrza, aby nie spowodować rozhermetyzowania wskaźnika. Drobne pęknięcia lub miejscowe rozhermetyzowanie, jeżeli się je szybko dostrzeże, można naprawić przy użyciu kleju, np. typu cyjanopan B4, uważając przy tym,



Rys. 5.3.1. Przemywanie pól stykowych wskaźnika LCD
1 — wacik nawilżony spirytusem, 2 — metalizacja wyprowadzeń



Rys. 5.3.2. Sposób sprawdzenia kierunku polaryzacji
1 — wygaszenie

aby nie uszkodzić powierzchni polaryzatora.

Innym charakterystycznym uszkodzeniem jest zarysowanie lub zmycie emulsji na polaryzatorze. Starą, uszkodzoną folię należy wówczas delikatnie, za pomocą skalpela, usunąć ze wskaźnika. Podobnie odzyskujemy polaryzator z innego wskaźnika (pozostały klej zmywamy delikatnie spirytusem). Montując wskaźnik należy pamiętać (rys. 5.3.2), aby przedni i tylny polaryzator miały płaszczyzny polaryzacji wzajemnie skręcone o 180°, w przeciwnym bowiem razie tło będzie ciemne, a wskazywane cyfry — jasne.

Nadmierny pobór prądu przez wskaźnik można zmniejszyć przemywając spirytusem pola kontaktowe. Zabieg ten jednak nie daje gwarancji na przyszłość i pobór prądu może ponownie wzrosnąć. Zwiększony pobór prądu oraz malejący kontrast są wynikiem starzenia się ciekłego kryształu. Utrwalony na stałe kontrast niektórych segmentów lub symboli jest skutkiem występowania składowej stałej napięcia sterującego i nie daje się już usunąć.

Wzajemne podświetlanie segmentów lub brak niektórych z nich może być wynikiem uszkodzenia wskaźnika, doprowadzeń lub układu sterowania. Wówczas, aby sprawdzić wskaźnik, należy jedną z końcówek omomierza przyłączyć do elektrody wspólnej (COM) (elektroda COM jest najczęściej na jednym ze skrajnych wyprowadzeń), a drugą przesuwać po metalizowanych kontaktach i obserwować zapalające się segmenty. W sposób analogiczny można ustalić przerwę w połączeniach struktury z połączeniami drukowanymi.

5.3.7 Wymiana przycisków w zegarkach elektronicznych

Dość pospolitą wadą zegarków elektronicznych jest wypadanie przycisków. Jedynym w zasadzie sposobem naprawy jest wymiana przycisku. Można do tego celu użyć przycisk z innego zegarka (złomowanego). Odzyskiwany przycisk należy delikatnie wybić z gniazda starego zegarka i wpasować do nowego. Dla ścisłego dopasowania należy powierzchnie tulejki przycisku delikatnie pocynować.

5.3.8 Wklejanie plastykowych szkiełek

Większość zegarków ma plastykowe szkiełka, które są niestety niestarannie przyklejane i z tego powodu często gubione, a ponadto ulegają szybkiemu zarysowaniu. Do przyklejania szkiełek należy używać jedynie bezrozpuszczalnikowych klejów elastycznych lub folii samoprzylepnych. Klej rozpuszczalnikowy może bowiem spowodować zniszczenie ozdobnego nadruku na szkiełku. Mając do dyspozycji jedynie klej rozpuszczalnikowy (butapren, hermol) można go zastosować, ale przy pewnym stopniu ryzyka. Należy wówczas używać niewielkich ilości kleju i wciskać szkiełko dopiero po upewnieniu się, że rozpuszczalnik już wyparował (powierzchnia kleju jest matowa i nie przylepia się przy delikatnym nacisku palcem). Po pewnym czasie należy skontrolować połączenie wypychając szkiełko delikatnie na zewnątrz.

5.3.9 Polerowanie szkiełek

Tworzywo, z którego jest wykonane szkiełko w wyniku różnorodnych narażeń szybko ulega porysowaniu i zmatowieniu przez co zegarek staje się nieestetyczny, a odczyt czasu — utrudniony. Regenerację szkiełek prowadzi się w dwóch etapach. Najpierw, posługując się filcową tarczą do szlifowania, przy użyciu pasty, wyrównuje się powierzchnię, a następnie doprowadza się ją do połysku na tarczy polerskiej. Polerując należy jednak uważać, aby nie zetrzeć warstwy dekoracyjnej na kopercie i nie zdeformować szkiełka (proces tarcia powoduje wydzielanie się ciepła). Na zakończenie należy przetrzeć czystą flanelką szkiełko i jego okolice, aby usunąć pozostałości pasty polerskiej.

5.3.10 Uszkodzenia w popularnych zegarkach z Hong Kongu

W większości tych zegarków folia odblaskowa (odbłyśnik) nie jest mocowana właściwie i skutkiem tego powoduje wycieranie lub wręcz wyrywanie wyprowadzeń wystających z masy zalewowej. Należy wówczas koniecznie wsunąć pomiędzy płytkę i odbłyśnik małe kawałeczki gąbki, aby je rozdzielić. Uszkodzone wyprowadzenia można naprawić jedynie klejem przewodzącym.

Starzejące się połączenia klejowe stosowane w masowo produkowanych zegarkach, często pękają (zwłaszcza po silnym udarze) i powodują odpadanie kondensatorów. Objawia się to najczęściej zanikiem wskazań lub znacznym spadkiem kontrastu czy też skokowym przyspieszeniem zegarka. Ponowne połączenie należy wykonać techniką lutowania.

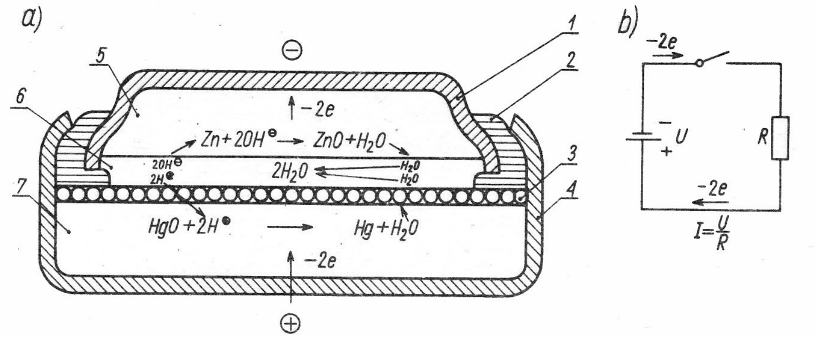
W części zegarków struktury nie są właściwie zabezpieczane przed działaniem światła. Silne światło przedostające się poprzez odbłyśnik (słońce, oświetlenie) powoduje wówczas wytworzenie w strukturze ładunku elektrycznego. W wyniku tego następuje najczęściej zanik wskazań i w dalszej konsekwencji przestawienie czasu. Mierząc pobór prądu przez strukturę (3...5 μA) należy pamiętać, aby nie oświetlało jej zbyt silne światło (spowoduje ono kilkakrotny wzrost poboru prądu). Aby właściwie zabezpieczyć strukturę przed działaniem światła, wystarczy najczęściej założyć dodatkowy odbłyśnik wycięty np. ze srebrzystej folii po czekoladzie.

?

Jedną z częstszych przyczyn zanikania wskazań jest pękanie ścieżek drukowanych w okolicy rezonatora kwarcowego, jak również powstawanie zwarć lub upływności pomiędzy nimi. Wypróbowanym sposobem zlikwidowania tej usterki jest usunięcie lub poluzowanie wkrętu usytuowanego pomiędzy wyprowadzeniami rezonatora.
Zbyt silne dokręcenie wkrętów mocujących zestyki baterii jest często przyczyną pękania ścieżek doprowadzających zasilanie.

6

Bateryjne źródła zasilania



Rys. **6.0.1.** Bateria pastylkowa: a) budowa, b) obwód przepływu prądu
1 — elektroda ujemna (stal chromowana), *2* — uszczelka izolująca (polietylen), *3* — separator, *4* — elektroda dodatnia (stal chromowana), *5* — anoda cynkowa, *6* — elektrolit alkaliczny (pasta), *7* — katoda z tlenku rtęci (HgO)

W bateryjnych źródłach zasilania następuje przemiana energii chemicznej w energię elektryczną. W wyniku umieszczenia w elektrolicie dwóch metali odpowiednio oddalonych w szeregu napięciowym Volty następuje jednokierunkowy proces elektrochemiczny, który wywołuje w obwodzie zewnętrznym przepływ ładunku elektrycznego. Właściwości elektryczne tak powstałego ogniwa (napięcie, prąd, pojemność) zależą od rodzaju użytego elektrolitu, materiału elektrod, technologii oraz zastosowania. Konstrukcja ogniwa suchego, w którym elektrolit jest w postaci pasty albo w stanie wchłoniętym przez absorbent, zasadniczo odbiega od konstrukcji popularnej baterii cynkowej.

W zegarkach elektronicznych znalazły zastosowanie głównie baterie *tlenkowo-srebrowe* o napięciu znamionowym 1,55 V, a w niektórych rozwiązaniach, zwłaszcza w połączeniu szeregowym, stosuje się baterie *tlenkowo-rtęciowe* o napięciu znamionowym 1,35 V. Ostatnio pojawiły się baterie *litowe* o napięciu ok. 3 V oraz baterie *alkaliczne* o napięciu ok. 1,4 V. Porównanie parametrów elektrycznych tych baterii przedstawiono w tabl. 6.1.

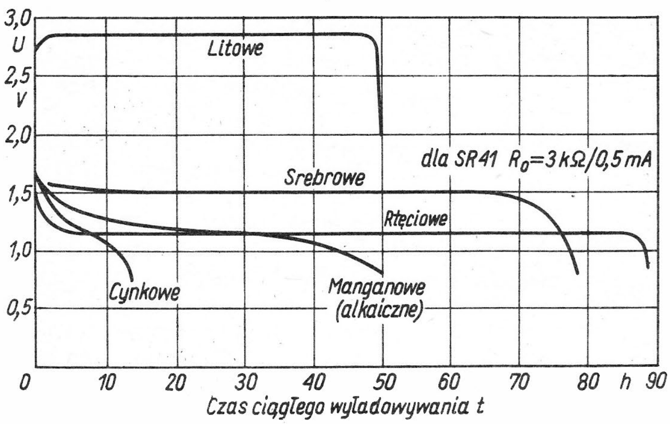
Przykładowo zostaną omówione procesy elektrochemiczne zachodzące w baterii tlenkowo-rtęciowej. Na rysunku 6.0.1 pokazano budowę baterii pastylkowej. Umieszczenie cynkowej anody i katody z tlenku rtęci w alkalicznym elektrolicie tworzy zgodnie z szeregiem Volty następujące ogniwo:

$$Zn + HgO \rightarrow ZnO + Hg$$
$$(+1{,}32\ V) - (-0{,}03\ V) = +1{,}35\ V$$

Zamknięcie obwodu (rys. 6.0.1b) spowoduje, że powstałe napięcie ogniwa wymusza przepływ elektronów przez obciążenie zewnętrzne R zgodnie z prawem Ohma ($I = U/R$). Przepływ prądu narusza równowagę materiału anody, co powoduje przejście z elektrolitu jonów hydroksylowych (2OH) i reakcję elektrochemiczną na anodzie, w wyniku której uwalniają się elektrony i powstaje tlenek cynku oraz woda wchłaniana przez elektrolit. Dopływ elektronów do katody narusza także równowagę i powoduje ruch jonów wodoru z elektrolitu i reakcję na katodzie. W wyniku tej rea-

Tablica 6.1 Parametry energetyczne baterii

Bateria	Napięcie znamionowe [V]	Pojemność [mA · h]	Czas, w miesiącach, po którym pojemność zmniejsza się o 20%
Tlenkowo-rtęciowa	1,35	16...18 000	30
Manganowo-alkaliczna	1,5	125...10 000	30
Tlenkowo-srebrowa	1,55	36...250	18
Litowa (SO_2)	3,0	1100...10 000	60
Cynkowo-węglowa	1,5	—	6...18



Rys. 6.1.1. Charakterystyki wyładowania baterii prądem znamionowym

kcji następuje równowaga elektryczna i wytworzenie rtęci oraz wody, która poprzez separator zostaje wchłonięta do elektrolitu. Ilość wody biorącej udział w procesie jest stała. W efekcie materiały anody (Zn) oraz katody (HgO) przechodzą (w sposób nieodwracalny) w tlenek cynku (ZnO) i rtęć (Hg) wydzielając przy tym ok. 820 mA·h energii elektrycznej z każdego grama cynkowej anody.

6.1 Charakterystyki i parametry baterii

Rozróżnia się ogniwa pierwotne, zwane *bateriami*, w których proces przemiany energii chemicznej w energię elektryczną prądu stałego zachodzi tylko jeden raz oraz ogniwa wtórne, popularnie nazywane *akumulatorami*. W akumulatorze procesy te mogą zachodzić wielokrotnie dzięki regeneracji materiału anody i katody wskutek przepływu prądu ładowania. Sól i gazy wydzielające się z suchych baterii akumulatorowych oraz stosunkowo nieduża pojemność sprawiają, że baterii tych nie stosuje się powszechnie w zegarkach i kalkulatorach.

Podstawowymi parametrami baterii są: jej napięcie, pojemność oraz prąd wyładowania.

1. *Napięcie baterii.* Podstawowym parametrem baterii jest jej napięcie znamionowe, które zależy głównie od materiałów użytych na wykonanie anody i katody. Na rysunku 6.1.1 przedstawiono charakterystyki wyładowania baterii w funkcji czasu. Napięcie baterii przy stałym obciążeniu i prądzie znamionowym jest przez dość długi okres stałe, a następnie raptowanie maleje. Przy obciążeniu baterii prądem impulsowym o wartości znacznie przekraczającej wartość znamionową następuje chwilowy spadek napięcia i po pewnym czasie (w wyniku regeneracji) ponowny wzrost do napięcia znamionowego.

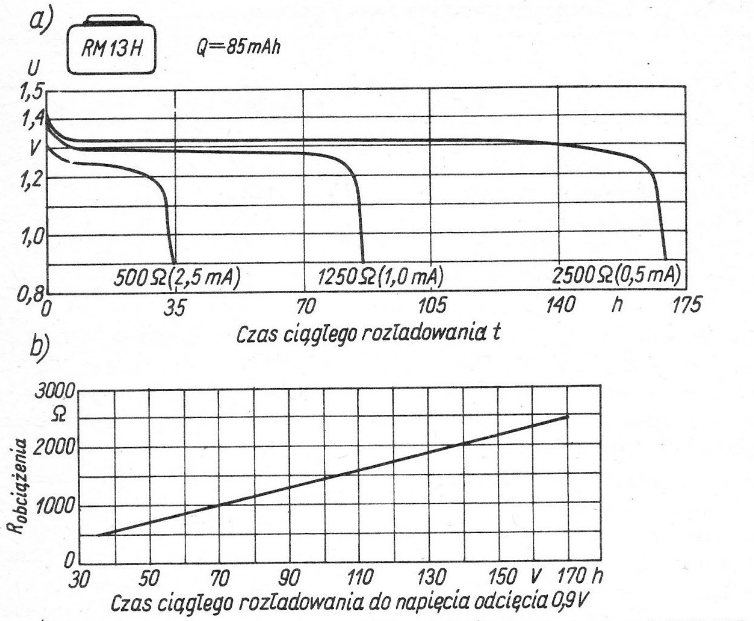
Baterie pastylkowe stosowane w zegarkach elektronicznych powinny być zasadniczo obciążane prądem o wartości stałej i nie większej od wartości znamionowej. Napięcie, od którego rozpoczyna się gwałtowny spadek (wzrost rezystancji wewnętrznej baterii) nazywa się *napięciem odcięcia*. Wynosi ono 1,2 V dla baterii srebrowych i 0,9 V dla baterii rtęciowych.

2. *Pojemność baterii.* Ilościową zdolność przemiany energii chemicznej w elektryczną określa pojemność elektryczna baterii. Tak więc przez pojemność baterii należy rozumieć ilość energii elektrycznej, jaką można pobrać z baterii przy stałej temperaturze pracy (20°C) i w warunkach ciągłego albo impulsowego wyładowania prądem nie przekraczającym prądu dopuszczalnego. Baterię uważa się za wyładowaną, gdy jej napięcie osiągnie wartość krytyczną (napięcie odcięcia). Na rysunku 6.1.2 przedstawiono przebiegi wyładowania baterii rtęciowej przy różnych obciążeniach. Z analizy tych krzywych wynika, że pojemność baterii jest funkcją prądu wyładowania, a więc funkcją obciążenia. Dla przedstawionej baterii RM 13H pojemność 85 mA·h określono przy temperaturze pracy 20°C i obciążeniu rezystancją 1250 Ω dla napięcia odcięcia 0,9 V. Pojemność baterii pastylkowych wyraża się w miliamperogodzinach i praktycznie jej wartość zawiera się w granicach kilkadziesiąt — kilkaset miliamperogodzin (mA·h). Przy wyładowywaniu baterii prądem znamionowym (rys. 6.1.2b) jej czas pracy jest proporcjonalny do rezystancji obciążenia. Przekroczenie prądu znamionowego skraca czas eksploatacji baterii.

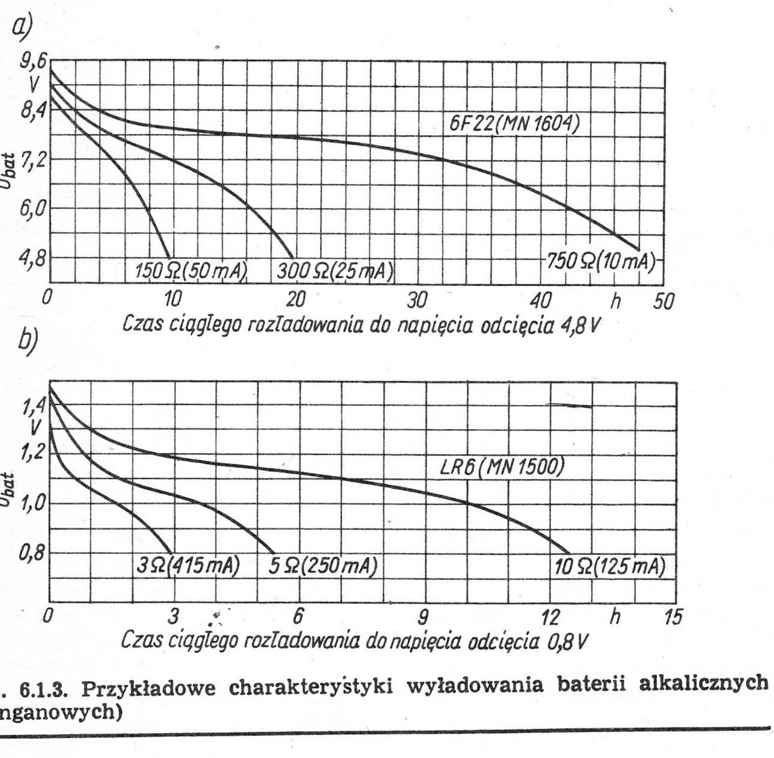
Określenie pojemności baterii alkalicznych jest trudniejsze z uwagi na znaczny spadek napięcia w trakcie procesu wyładowania. Na rysunku 6.1.3 przedstawiono charakterystyki wyładowania popularnej baterii o napięciu 9 V i baterii o napięciu 1,5 V (tzw. paluszka).

Z pewnym przybliżeniem czas pracy baterii można określić dzieląc jej pojemność znamionową przez prąd wyładowania. Rzeczywista pojemność baterii zależy jednak również od czasu i warunków jej składowania i od przebiegu procesów samowyładowania baterii. Proces samowyładowania można ograniczyć i spowolnić przechowując je w suchym — do 65% wilgotności (najlepiej w szczelnym pojemniku plastykowym), chłodnym — ok. +5°C — miejscu (np. w pobliżu pojemnika na masło w lodówce). Nie zaleca się jednak przechowywania baterii przez okres dłuższy niż pół roku. Najbardziej odporne na proces samowyładowania są baterie rtęciowe i litowe.

3. *Prąd wyładowania.* Zasadniczo prąd wyładowania (wyrażony w mA) nie powinien liczbowo przekraczać jednej dziesiątej wartości pojemności znamionowej baterii. Tylko chwilowo (np. aby określić pojemność baterii) można baterię obciążyć prądem liczbowo równym jej pojemności. Do zasilania zegarków LCD oraz analogowych należy stosować baterie przystosowane do małego prądu wyładowania (ang. *low drain*) nie przekraczającego kilkunastu μA, co zapewnia im dużą żywotność. Nadmierne używanie podświetlenia w zegarkach LCD (pobór prądu ok. 10 mA) prowadzi do szybkiego wyładowania baterii.



Rys. 6.1.2. Typowe charakterystyki wyładowania baterii rtęciowej RM13H: a) przy różnych prądach obciążenia, b) przy stałym prądzie obciążenia



Rys. 6.1.3. Przykładowe charakterystyki wyładowania baterii alkalicznych (manganowych)

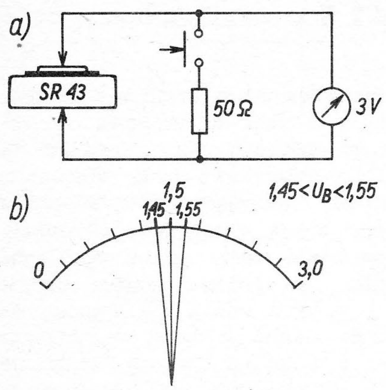
6.2 Baterie alkaliczne

Produkowane w kraju baterie cynkowe z elektrodą węglową i kwaśnym elektrolitem z chlorku amonu mają stosunkowo małą pojemność, szybko ulegają samowyładowaniu oraz swoją nieszczelną konstrukcją powodują często uszkodzenia urządzeń. Na świecie zamiast baterii cynkowych stosuje się obecnie baterie alkaliczne cynkowo-manganowe o mniej ogresywnym elektrolicie z wodorotlenku potasu. Ogniwa te charakteryzują stosunkowo duże pojemności, długie okresy bezstratnego przechowywania oraz hermetyczną konstrukcją. Napięcie baterii cynkowych w trakcie normalnego wyładowania maleje praktycznie dwukrotnie (rys. 6.1.3). Przy obciążaniu tych baterii bardzo małym prądem można uzyskać stałość napięcia podobną jak w przypadku baterii tlenkowo-srebrowych. Baterie cynkowe wyładowywane z przerwami mają zdolność częściowej regeneracji materiału katody i anody, a ze wzrostem temperatury otoczenia wzrasta aktywność przemian chemicznych, więc tym samym ogniwo jest bardziej wydajne. W tablicy 6.2 podano parametry eksploatacyjne dwóch najbardziej popularnych baterii.

6.3 Kontrola parametrów baterii

Najbardziej istotnym parametrem każdej baterii jest jej rzeczywista pojemność. Napięcie oraz prąd wyładowania są zdeterminowane typem baterii oraz wynikają z jej przeznaczenia.

Baterie srebrowe oraz rtęciowe sprawdza się przez pomiar napięcia w układzie przedstawionym na rys. 6.3.1. Bez obciążenia napięcie baterii powinno być równe napięciu znamionowemu, napięcie baterii tlenkowo-srebrowej obciążonej rezystancją 50 Ω nie powinno wynosić mniej niż 1,45 V i po ustąpieniu obciążenia powrócić do wartości znamionowej. Spadek napięcia oraz czas regeneracji można uznać za miarę pojemności. Pojemność baterii cynkowych sprawdza się przez po-



Rys. 6.3.1. Pomiar napięcia baterii zegarkowych

Tablica 6.2 Parametry eksploatacyjne baterii alkalicznych

Parametr	Bateria	
	LR6 (MN 1500)	6F22 (MN 1604)
Znamionowe napięcie [V]	1,5	9,0
Pojemność znamionowa [mA · h]	1800	500
Napięcie odcięcia [V]	0,8	4,8
Znamionowe obciążenie [Ω]	50	750
Temperatura wyładowania [°C]	20	20

miar prądu zwarcia. Wskazówka amperomierza powinna się wówczas raptownie wychylić wskazując, w zależności od wartości napięcia i pojemności znamionowej, prąd o wartości około 1 A lub większy i praktycznie nie ulegający zmianie w czasie pomiaru.

Świeżość baterii można ocenić na podstawie czystości powierzchni anody i okolic przekładki izolująco-uszczelniającej. Występowanie wykwitów solnych świadczy o nieszczelności, a tym samym o uszkodzeniu baterii lub znacznym jej zużyciu czy samowyładowaniu.

Jeżeli na opakowaniu lub na samej baterii jest data produkcji, to fakt ten należy uwzględniać w momencie wymiany lub kupna.

6.4 Zasady eksploatacji baterii

Wysoka cena i często niedostępność baterii nakazują obchodzić się z nimi szczególnie ostrożnie. Oto kilka rad praktycznych.

Należy:

1. Przechowywać baterie w szczelnym opakowaniu, w temperaturze ok. +5°C, w zaciemnionym i suchym miejscu i nie dłużej niż pół roku.

2. Przechowywane baterie muszą być wzajemnie odizolowane.

3. W czasie pracy niepotrzebnie nie obciążać ani nie zwierać baterii (ograniczać do minimum używanie podświetlania).

4. Nie ładować zużytych baterii, grozi to bowiem eksplozją lub bombażem (deformacją), co może spowodować uszkodzenie zegarka. Ładowana bateria może osiągnąć zaledwie kilka do kilkunastu procent pojemności znamionowej.

5. Nie narażać baterii na bezpośrednie działanie słońca lub ciepła, gdyż przyspiesza to procesy samowyładowania.

6. Zużyte baterie usuwać, pozostawienie ich grozi bowiem wylaniem elektrolitu.

7. Baterii pastylkowych zbytnio nie ściskać w trakcie umieszczania w pojemniku, mogą bowiem ulec zwarciu.

8. Baterie cynkowe chronić przed upadkami, może bowiem popękać elektroda grafitowa.

Ze względu na bezpieczeństwo *nie należy wrzucać zużytych baterii do ognia, ponieważ eksplodują i mogą spowodować poważne zranienia. Nie należy zużytych baterii dawać dzieciom do zabawy, gdyż połknięcie baterii może spowodować bardzo silne zatrucie.*

6.5 Eksploatacja baterii akumulatorowych

Do zasilania buforowego (równoległego zasilania awaryjnego), zegarów stołowych i kalkulatorów stosuje się wyłącznie suche i gazoszczelne baterie akumulatorowe o wyglądzie i konstrukcji podobnej do baterii pastylkowej (*uwaga: biegun ujemny jest na korpusie baterii*). Żywotność baterii akumulatorowych jest określona liczbą ładowań, która z reguły nie przekracza stu.

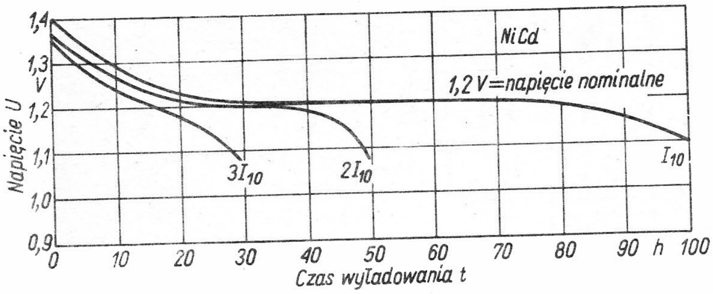
Maksymalny prąd ładowania określa się jako prąd ładowania dziesięciogodzinnego (jedna dziesiąta pojemności znamionowej) i nie powinien on zasadniczo przekraczać maksymalnego prądu wyładowania. Im mniejsze będą prądy ładowania i wyładowania, tym większa będzie żywotność baterii. Wyładowanie (ładowanie) zbyt silnym prądem oraz dłuższe przechowywanie baterii nadmiernie wyładowanej powoduje znaczną utratę pojemności lub zniszczenie w przypadku przeciążenia (cieplne odkształcenie elektrod i powstanie zwarcia). Napięcie wyładowanej baterii w żadnym przypadku nie może obniżać się poniżej 1 V. Napięcie znamionowe najbardziej popularnych baterii akumulatorowych kadmowo-niklowych wynosi 1,2 V, rtęciowych 1,35 V, srebrowych 1,5 V. Charakterystykę wyładowania baterii kadmowo-niklowej pokazano na rys. 6.5.1. Reakcje elektrochemiczne zachodzą według zależności:

$$Cd + 2Ni(OH)_3 \underset{\text{ładowanie}}{\overset{\text{wyładowanie}}{\rightleftarrows}} Cd(OH)_2 + 2Ni(OH)_2$$

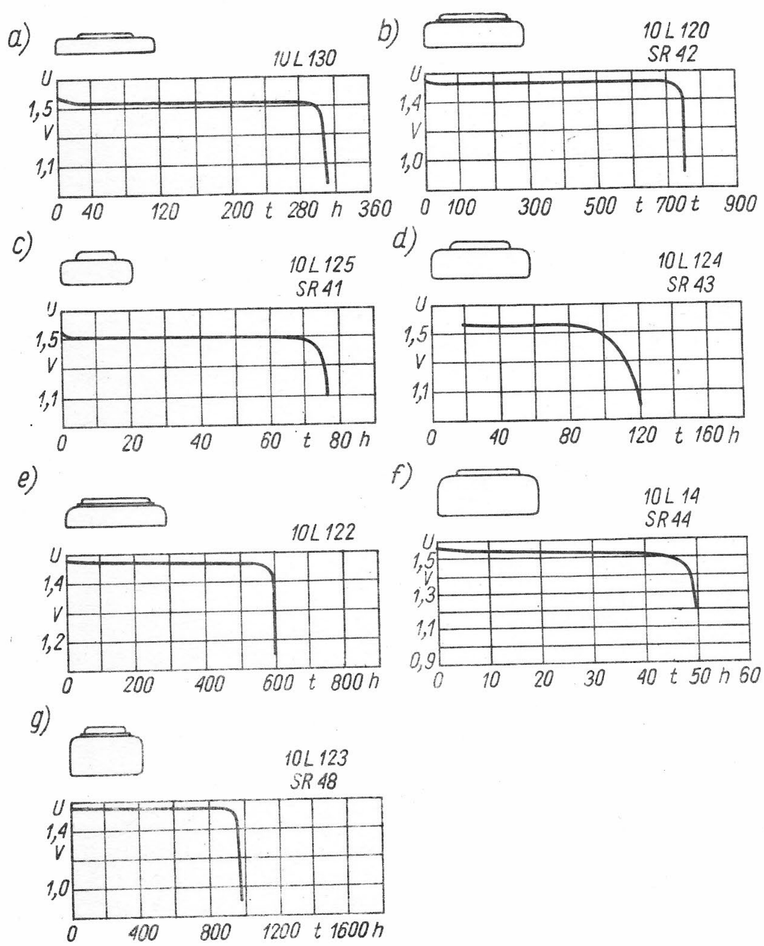
Przy prądach wyładowania mniejszych niż prąd dziesięciogodzinny charakterystyka ma w większej części przebieg płaski, podobnie jak charakterystyka baterii pastylkowych. Napięcie nasycenia w końcowym etapie ładowania baterii NiCd nie powinno przekraczać 1,5 V, a napięcie odcięcia w końcowym etapie wyładowania 1,0 V. Przykładowo bateria akumulatorowa (NiCd) firmy Sanyo typ N-500AA o pojemności znamionowej 500 mA · h wymaga ładowania prądem nie większym niż 50 mA przez 14...16 h.

Stan naładowania baterii akumulatorowej sprawdza się mierząc jej prąd zwarcia. Przed obciążeniem baterii należy zmierzyć napięcie i jeżeli jest ono niższe od znamionowego, to baterię należy doładować.

Ogniwa nie osiągające napięcia nasycenia, szybko samorozładowujące



Rys. 6.5.1. Typowe charakterystyki wyładowania baterii akumulatorowych kadmowo-niklowych (I_{10} — prąd dziesięciogodzinnego ładowania)



Rys. 6.7.1. Typowe charakterystyki wyładowania baterii tlenkowo-srebrowych

się, nadmiernie rozgrzewające się, wydzielające sole lub cieknące są wadliwe i należy je wymienić.

6.6 Procedura wymiany baterii w zegarku elektronicznym

1. Przed przystąpieniem do wymiany należy upewnić się czy dysponujemy odpowiednim typem baterii. Niewielka nawet różnica w wysokości może w chwili zamykania w wyniku powstałych naprężeń spowodować np. uszkodzenie wskaźnika lub płytki podłożowej.

2. Należy sprawdzić stan powierzchni stykowych baterii a zauważone wykwity solne lub inne zabrudzenia usunąć pocierając o kawałek twardego filcu. Staramy się przy tym, aby palce nie były spocone, gdyż pozostawione śladowe nawet ilości potu mogą stać się zaczątkiem procesu korozji styku.

3. Baterię wyjętą z chłodnego miejsca należy przed zamontowaniem doprowadzić do temperatury otoczenia podgrzewając ją w strumieniu ciepłego powietrza. Czynność ta zapobiega kondensacji pary wodnej na powierzchniach stykowych.

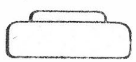
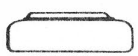
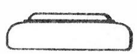
4. Przed wmontowaniem należy sprawdzić przyrządem testującym stan energetyczny baterii.

5. Oczyścić styki i pojemnik na baterię. Osady lub ślady korozji usuwa się najpierw mechanicznie i wydmuchuje przy użyciu gruszki, a następnie przemywa się czystym spirytusem i osusza w strumieniu ciepłego powietrza. Nie usunięte zanieczyszczenia są przyczyną spadku napięcia na stykach w chwilach zwiększonego poboru prądu (włączania odczytu w zegarkach LED czy podświetlania w zegarkach LCD), czego skutkiem jest chwilowy zanik napięcia i przestawienie zegarka na przypadkowy czas.

6. Należy sprawdzić pobór prądu ciemnego za pomocą zasilacza serwisowego ustawionego na zakres do 15 μA. Zasadniczo nie może on przekraczać 5 μA a w przypadku zasilania z dwóch baterii szeregowo połączonych — 10 μA.

7. Jeżeli dysponujemy baterią rtęciową, to należy sprawdzić (obniżając

Tablica 6.3 Odpowiedniki baterii pastylkowych tlenkowo-srebrowych (SR)

Parametry						Odpowiedniki									
Klasyfikacja IEC	Widok	Średnice* mm	Wysokość* h mm	Napięcie U V	Pojemność** Q mA · h	VARTA***	Malory-Duracell	Ucar	Ray-O-Vac	National	Seiko	Toshiba	Renata	Timex	Maxell
SR44		11,6	5,4	1,5	100 165	541 521	10L14 WS14	357 303	RW42 RW32	WL14 WS14	SB-B9 SB-A9	G13 —	7 9	J A	SR44W SR44SW
SR43		11,6	4,2	1,5	130 120	548 528	10L124 WS11	386 301	RW44 RW34	WL11 WS11	SB-B8 SB-A8	WG12 —	6 1	H D	SR43W SR43SW
SR42		11,6	3,6	1,5	100 100	549 529	10L120 WS12	350 344	— RW36	— WS12	— SB-AP	— —	14 12	— —	— —
SR54		11,6	3,1	1,5	85 75	554 534	10L122	389 390	RW49 RW39	WL10 WS10	SB-BU SB-AU	— WG10	17 11	— —	SR1130W SR1130SW
—		11,6	2,1	1,5	45 45	553 533	10L130	391 381	RW40 RW30	— —	SB-BS SB-DS	W1K W1S	23 34	— —	SR1120W SR1120SW
SR48		7,9	5,4	1,5	75 70	546 526	10L123 10L13	393 309	RW48 RW38	WL6 WS6	SB-B3	G5 —	15 16	F —	SR48W —
SR41		7,9	3,6	1,5	45 45	547 527	10L125 10L15	392 384	RW47 RW37	WL1 WS10	SB-B1 SB-D1	WG3 —	2 10	K —	SR41W SR41SW
SR59		7,9	2,6	1,5	30	556 —	— —	396 —	RW411	—	SB-BL	W2M	29	—	—
—		7,9	2,1	1,5	20	532	—	362	RW310	—	SB-DK	W1U	19	—	—

* Dla różnych producentów wymiary baterii mogą różnić się o ±0,1 mm,
** Pojemności podawane przez poszczególnych producentów mogą się różnić w granicach ±10%,
*** W drugim rzędzie podano odpowiedniki baterii „niskoprądowych” (low drain).

napięcie zasilacza), czy oscylator pracuje jeszcze przy napięciu 1,2 V. Jeżeli występują przerwy w generacji to należy użyć baterie srebrowe o napięciu znamionowym 1,55 V.

8. Baterię należy włożyć zgodnie z oznaczoną biegunowością (na korpusie zawsze biegun dodatni — w przeciwieństwie do baterii cynkowych i akumulatorków oraz niektórych profesjonalnych). Nie należy wciskać baterii na siłę, gdyż powstałe naprężenia mogą w przyszłości spowodować brak połączenia, a nawet uszkodzenie zegarka. Wkręty, które mocują blaszki stykowe i najczęściej płytkę podłożową zegarka muszą być dokręcone, aby bateria nie mogła się przesuwać. Biegun dodatni baterii w większości zegarków musi mieć połączenie z metalową kopertą (patrz uwagi dla zegarków z dwoma bateriami).

9. Po zamknięciu koperty należy sprawdzić, czy świeci żaróweczka, co jest jednocześnie testem połączenia dodatniego bieguna baterii z kopertą. Jasność świecenia z uwagi na duży rozrzut parametrów żaróweczek nie zawsze jest dowodem stanu energetyczngo baterii.

10. W chwili włożenia baterii następuje zazwyczaj automatyczne włączenie zegarka, niekiedy jednak dla uruchomienia zegarka należy wzbudzić oscylator przez wciśnięcie przycisku funkcyjnego (S_1) lub przycisku ustawiania (SET). Prawidłowo uruchomiony zegarek wskazuje godzinę 1:00 lub 12:00.

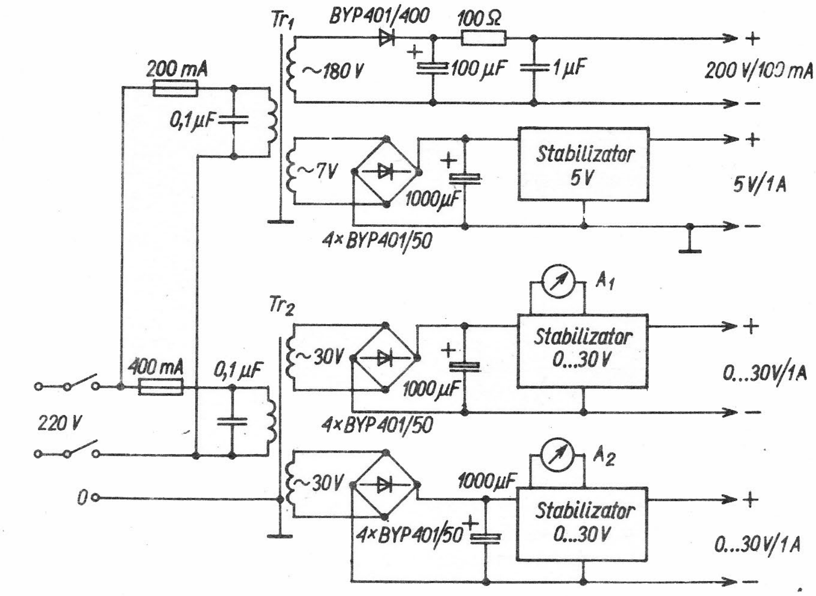
11. Następnie należy ustawić dokładnie czas zgodnie z zasadami podanymi w p. 5.3 lub na podstawie instrukcji obsługi.

6.7 Klasyfikacja baterii pastylkowych i ich odpowiedniki

Do zasilania zegarków i kalkulatorów stosuje się zasadniczo 9 typów baterii pastylkowych o pojemnościach w granicach od ok. 30 do 200 mA • h. Parametry baterii tlenkowo-srebrowych i ich odpowiedniki różnych producentów podano w tabl. 6.3, a przykładowe charakterystyki wyładowania — na rys. 6.7.1.

7

Opis konstrukcji podstawowych przyrządów serwisowych



Rys. 7.1.1. Ogólny schemat zasilacza serwisowego

7.1 Zasilacz serwisowy

Niezbędnym narzędziem przy wszelkich pracach serwisowych jest zasilacz. Na rysunku 7.1.1 przedstawiono schemat ogólny zasilacza. Składa się on z dwóch niezależnie regulowanych stabilizatorów (o zakresie 0... ±30 V) o obciążalności 1 A, stabilizatora do układów TTL (+5 V), obciążalności 1 A oraz zasilacza niestabilizowanego (±200 V, 100 mA). Opisany zasilacz jest odporny na zwarcie, podłączenie do obwodu o odwrotnej polaryzacji oraz na przepięcia zewnętrzne.

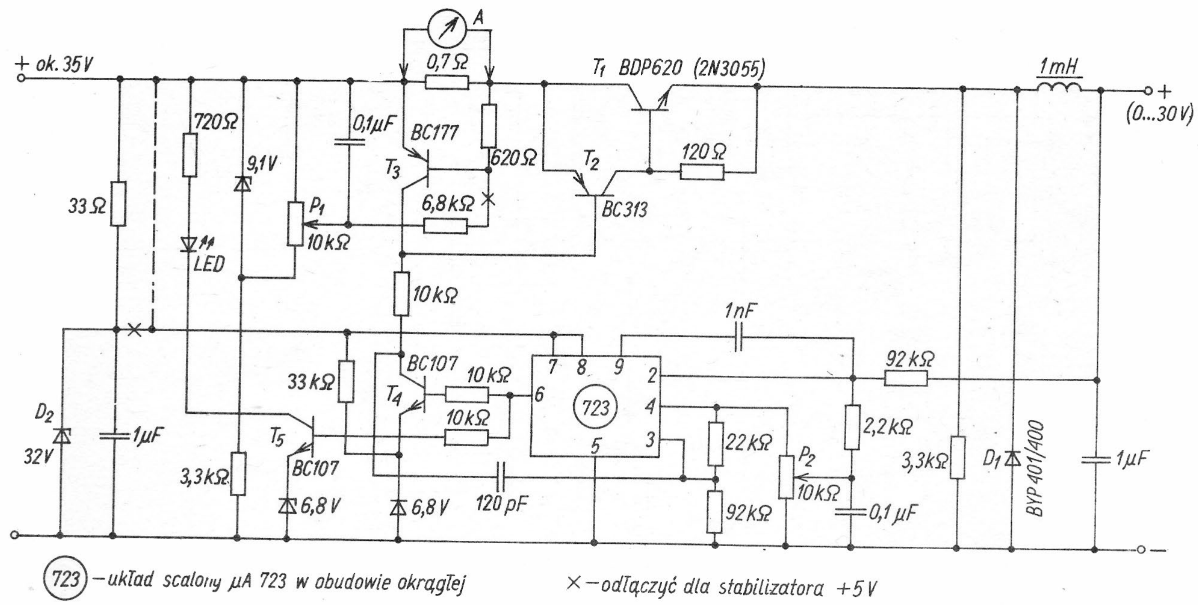
Zmienne napięcia wyjściowe (2× ×30 V) transformatora Tr_1 o mocy ok. 80 V · A są prostowane w dwóch układach mostkowych, a następnie filtrowane i na wyjściu uzyskuje się napięcia po ok. 35 V. Regulację napięcia w granicach 0... 30 V oraz ograniczenie prądowe do 1 A uzyskuje się w stabilizatorze szeregowym. Wskaźniki A_1 i A_2 służą do obserwacji poboru prądu. Transformator Tr_2 (40 V · A) dostarcza napięcia zmienne o wartości ok. 180 V, które jest następnie jednopołówkowo prostowane, a później filtrowane i na wyjściu otrzymuje się napięcie ok. 200 V. Drugie napięcie zmienne, ok. 7 V, po wyprostowaniu w układzie mostkowym i filtrowaniu osiąga wartość ok. 9 V. Napięcie to zasila stabilizator, na wyjściu którego uzyskuje się napięcie +5 V przy obciążalności 1 A.

W układzie stabilizacji użyto modułu (rys. 7.1.2) zbudowanego z zastosowaniem układu scalonego µA 723. Tranzystor T_1 (umieszczony na radiatorze) jest sterowany za pośrednictwem tranzystorów T_2 i T_4 z wyjścia *6* układu scalonego.

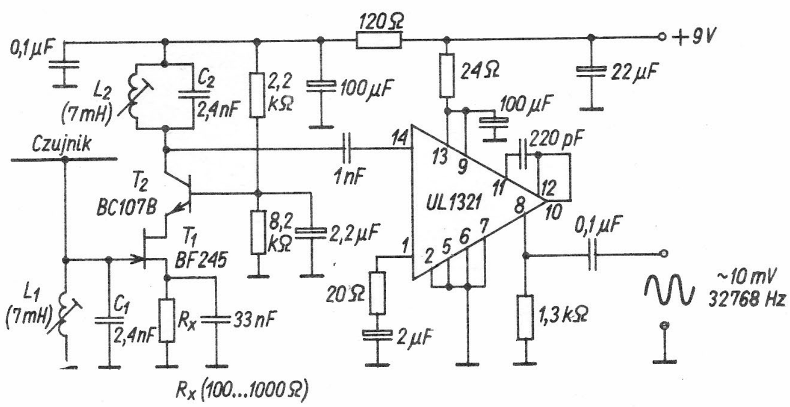
Potencjometr P_2 służy do regulacji napięcia wyjściowego w zakresie 0... 29,9 V. Ograniczenie prądowe do 1 A nastawia się potencjometrem P_2. Dioda LED sygnalizuje zadziałanie ustawionego ograniczenia prądowego. Jeżeli napięcie zasilające nie przekracza na pewno 37 V, można zrezygnować z zabezpieczenia na diodzie Zenera 32 V.

Zasilacz +5 V można zbudować również z wykorzystaniem opisanego modułu, chyba że jest dostępny gotowy stabilizator (LM 309). Należy wówczas odłączyć regulację ograniczenia prądowego (6,8 kΩ), a zamiast potencjometru P_2 włączyć stały dzielnik rezystancyjny.

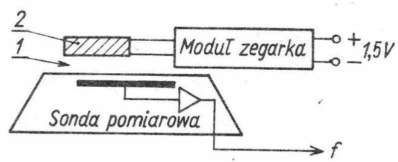
Dodatkowo można wyposażyć zasilacz w czuły mikroamperomierz (o zakresie ok. 30 µA) z przełączanymi bocznikami do 1 A. Wyskalowane potencjometry P_1 i P_2 umożliwiają ustawienie żądanej wartości. Dodatkowo można zastosować przełączanie potencjometru P_2 i dzielnika



Rys. 7.1.2. Schemat ideowy stabilizatora



Rys. 7.2.1. Sonda chronokomparatora 32768 Hz



Rys. 7.2.2. Sposób pomiaru częstotliwości rezonatora
1 — sprzężenie pojemnościowe, 2 — badany rezonator

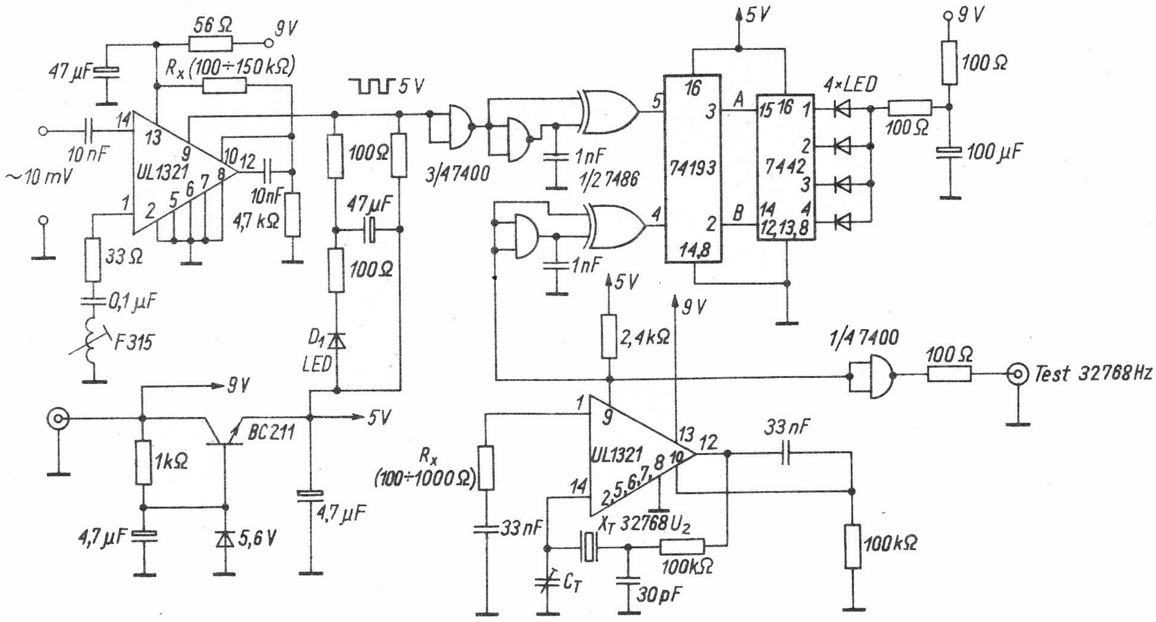
rezystancyjnego (uzyskanie standardowych napięć: 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5; 9,0; 12; 15; 30 V). Jako mierniki A_1, A_2 można zastosować wskaźniki magnetofonowe (po uprzednim przeskalowaniu) zaś do sygnalizacji włączenia napięcia sieciowego — żaróweczki podświetlające ich skale.

7.2 Chronokomparator do popularnych zegarków elektronicznych

Na zakończenie omówimy prosty chronokomparator. Przedstawiony tu chronokomparator jest zbudowany z elementów produkcji krajowej i umożliwia zestrajanie popularnych zegarków elektronicznych (32768 Hz) z dokładnością ok. ±0,5 s na dobę.

Chronokomparator składa się z sondy selektywnej połączonej z układem pomiarowym. W układzie pomiarowym zachodzi porównywanie częstotliwości zegarka zestrajanego i zegarka wzorcowego. Całość jest zasilana z zasilacza kalkulatorowego (9 V, 200 mA).

Na rysunku 7.2.1 przedstawiono schemat ideowy sondy, a na rys. 7.2.2 — układ pomiarowy. Fala elektromagnetyczna pochodząca z obwodu oscylatora zegarka badanego, po przechwyceniu przez czujnik pojemnościowy (kołowa elektroda na laminacie o średnicy 3 cm) i zamianie na sygnał napięciowy, zostaje wzmocniona we wzmacniaczu dwustopniowym. Pierwszy stopień tworzy kaskoda złożona z tranzystora polowego T_1 i tranzystora bipolarnego T_2. Obwody wejściowy (L_1, C_1) i wyjściowy (L_2, C_2) są zestrojone na częstotliwości 32768 Hz, dzięki czemu uzyskuje się wzmocnienie ok. 100 razy. Drugi stopień, zbudowany z wykorzystaniem układu scalonego UL 1321, tworzy wzmacniacz szerokopasmowy z wtórnikiem na wyjściu. Wzmocnienie tego stopnia wynosi ok. 50, co zapewnia sygnał wyjściowy rzędu 10 mV. Sygnał ten jest następnie przesyłany kablem ekranowanym (ok. 1 m) do układu pomiarowego. Odizolowanie sondy od reszty układu jest przy takich poziomach sygnału konieczne ze wzglę-



Rys. 7.2.3. Układ pomiarowy chronokomparatora 32768 Hz

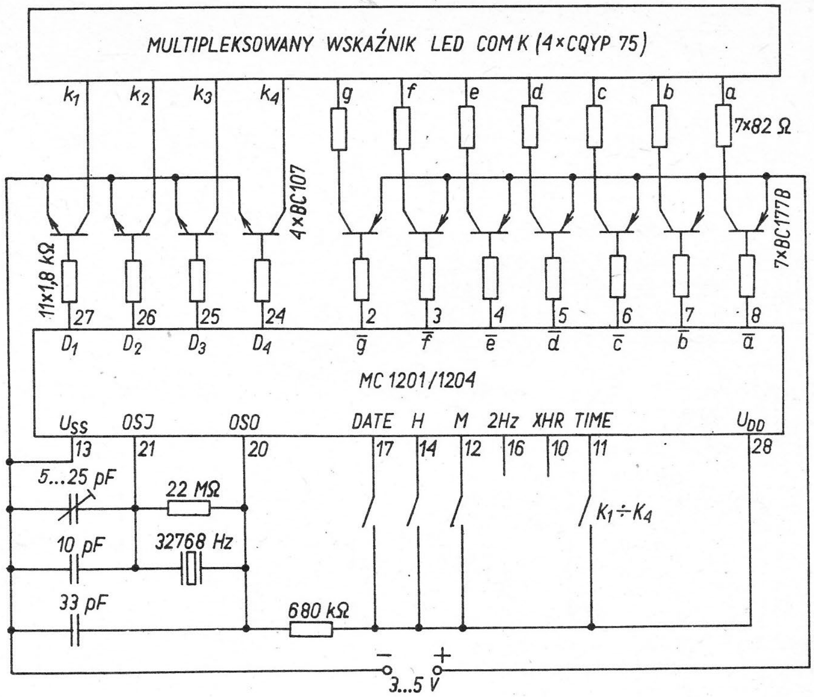
du na możliwość sprzężeń pasożytniczych. W układzie pomiarowym (rys. 7.2.3) następuje, we wzmacnia czu selektywnym (UL 1321, filtr radiowy 315), dalsze wzmocnienie oraz uformowanie sygnału w przebieg prostokątny. Dioda LED D_1 służy do sygnalizacji wielkości sygnału — ciągłe świecenie świadczy o właściwej amplitudzie sygnału wejściowego. Jako wzorzec wykorzystano częstotliwość generatora o rezonatorze 32768 Hz, tj. takiego samego jaki jest stosowany w zegarkach elektronicznych.

Warunkiem wzbudzenia generatora zbudowanego na układzie scalonym (UL 1321) jest właściwe dobranie rezystora R_x. Trymer C_t służy do zestrajania obwodu rezonatora. W dalszym etapie, po odpowiednim uformowaniu (bramki TTL: 7400, 7486), impulsy z sondy i generatora są zliczane i porównywane w liczniku rewersyjnym (74193), który steruje dekoderem *(7442). Stany dekodera są* sygnalizowane przez układ czterech diod LED (wygodnie jeśli są one ustawione w kwadracie). Przy braku sygnału z sondy (duża różnica częstotliwości) będą zliczane tylko impulsy z generatora wzorcowego. Szybko zmieniające się stany licznika rewersyjnego spowodują wtedy kolejne zaświecanie się diod LED, co przy dużej częstotliwości przełączania sprawi, że pozornie wszystkie diody będą świeciły jednocześnie. Położenie zegarka (ze zdjętym denkiem) lub samego modułu na czujnik pojemnościowy sondy spowoduje, że licznik rewersyjny będzie kolejno zliczał impulsy z sondy i generatora wzorcowego. Przy równych częstotliwościach (zerowa różnica częstotliwości) nastąpi zapalenie jednej lub dwóch sąsiednich diod LED. W przypadku kiedy różnica częstotliwości będzie zawierała się w granicach ok. ±10 Hz (przypadek najczęstszy) proporcjonalnie do niej będzie zmieniała się szybkość przełączania diod LED, prawoskrętnie dla odchyłki dodatniej i lewoskrętnie dla ujemnej. Przy strojeniu zegarka, czyli przy zbliżaniu się do częstotliwości wzorca, przesuwanie się punktu świetlnego (świecąca dioda LED) będzie coraz wolniejsze, aż do całkowitego zatrzymania w chwili osiągnięcia odchyłki zerowej. Tak *ustawiona częstotliwość zegarka jest* równa częstotliwości wzorca z dokładnością ±0,1 Hz, co praktycznie zapewni odchyłkę dobową nie przekraczającą ±0,5 sekundy na dobę.

Układ dodatkowo zawiera stabilizator +5 V służący do zasilania układów TTL, a wyjście „test" generatora służy do okresowej kontroli częstotliwości wzorca.

8

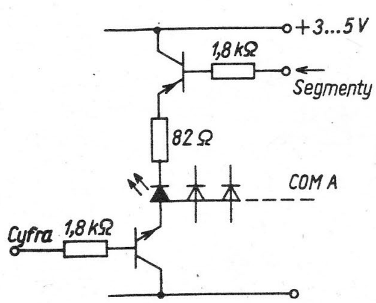
Dodatek do drugiego wydania



Rys. 8.1.1. Zegar MC 1201/1204 ze wskaźnikiem LED COM K

8.1 Zegary stołowe produkcji krajowej serii MC 1201 ÷ 1204

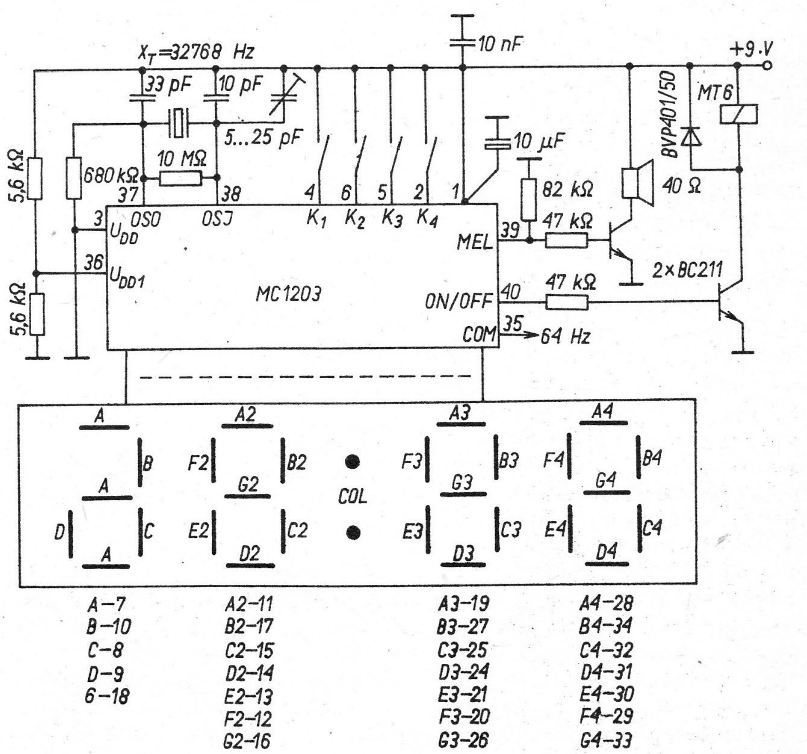
Ostatnio pojawiły się na rynku układy scalone produkcji krajowej, jednakże z powodu dużej zawodności nie zostały użyte do seryjnej produkcji zegarów.



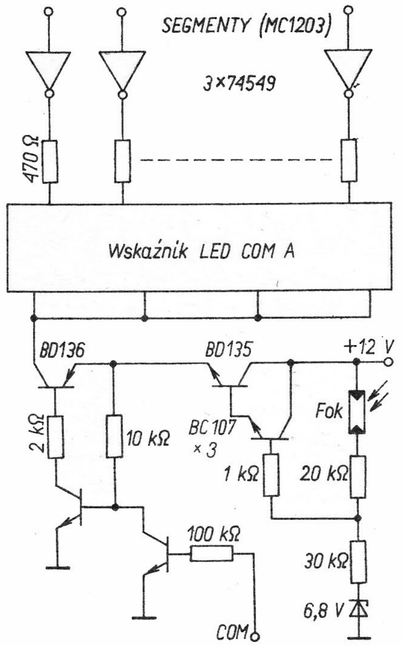
Rys. 8.1.2. Zasada sterowania wskaźnika COM A w zegarze MC 1201

8.1.1 Zegary MC 1201, MC 1204

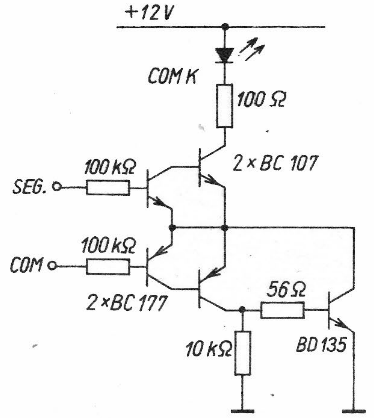
Wykonane są w technice CMOS i przeznaczone do sterowania w multipleksie wskaźnika LED przez zewnętrzne bipolarne wzmacniacze. Zasada działania i budowa struktury została przedstawiona przy opisie zegarka naręcznego typu DW 2005. Schemat połączeń zewnętrznych i oznaczenie wyprowadzeń dla wskaźnika LED o wspólnej katodzie (COM K) przedstawiono na rys. 8.1.1. Dla wskaźników o wspólnej anodzie (COM A) sterowanie anod i segmentów odbywa się w układzie pokazanym na rys. 8.1.2. W celu ciągłego wyświetlania czasu (połączonego z migotaniem) należy połączyć wyjście *11* (odczyt czasu) z wyjściem *16* (2 Hz). W zegarze MC 1204 ciągłe wyświetlanie czasu następuje przez podanie na wyprowadzenie *9* potencjału U_{DD}. Dodatkowe wyjście *10* (XHR) umożliwia wybór systemu wskazań. Jeżeli jest ono dołączone do U_{DD} otrzymamy wskazania w systemie 12-godzinnym, jeżeli do U_{SS} — 24-godzinnym.



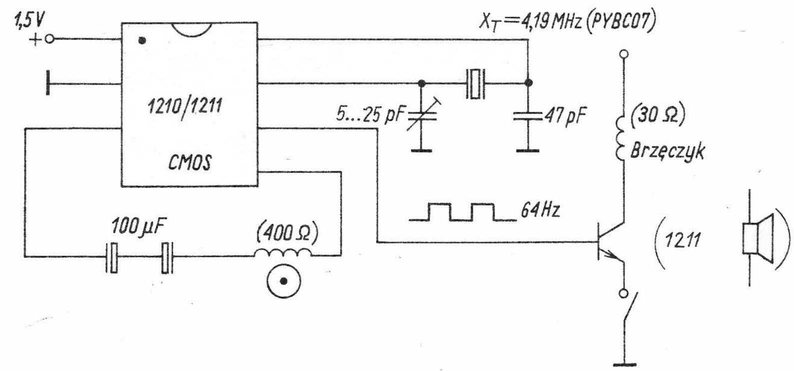
Rys. 8.1.3. Zegar MC 1203 ze wskaźnikiem LCD



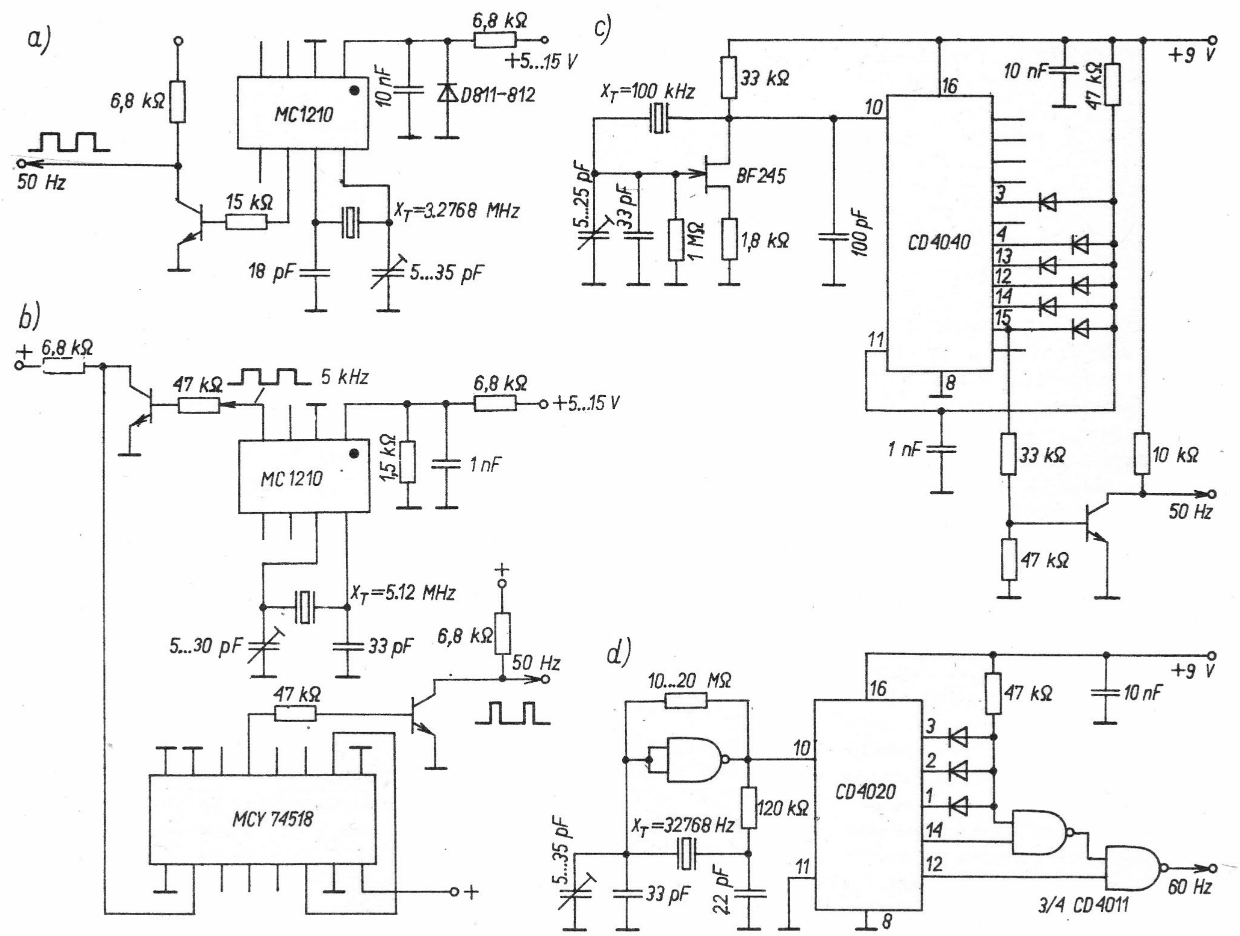
Rys. 8.1.4. Sposób sterowania wskaźnika LED COM A w zegarze MC 1203



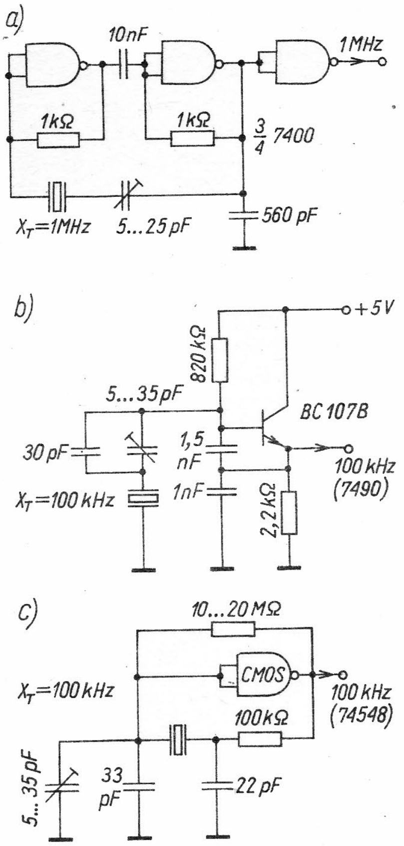
Rys. 8.1.5. Sposób sterowania wskaźnika LED COM K w zegarze MC 1203



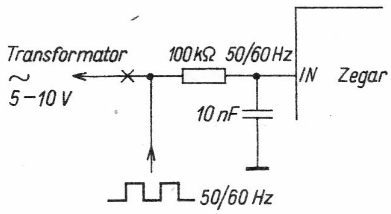
Rys. 8.1.6. Zegar analogowy MC 1210/1211



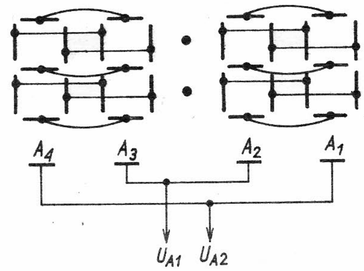
Rys. 8.2.1. Generatory podstawy czasu ze stabilizacją kwarcową i dzielnikiem częstotliwości: a) generator 3.2768 MHz; b) generator 5.120000 MHz; c) generator 100 kHz; d) generator 32768 Hz



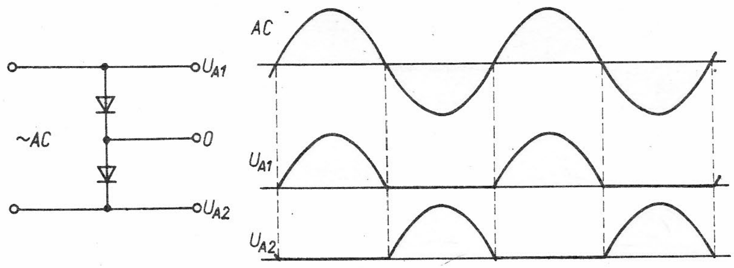
Rys. 8.2.2. Generatory kwarcowe: a) generator kwarcowy TTL wykorzystujący rezonator 1 MHz; b) tranzystorowy generator kwarcowy 100 kHz; c) generator kwarcowy 100 kHz wykorzystujący bramkę CMOS



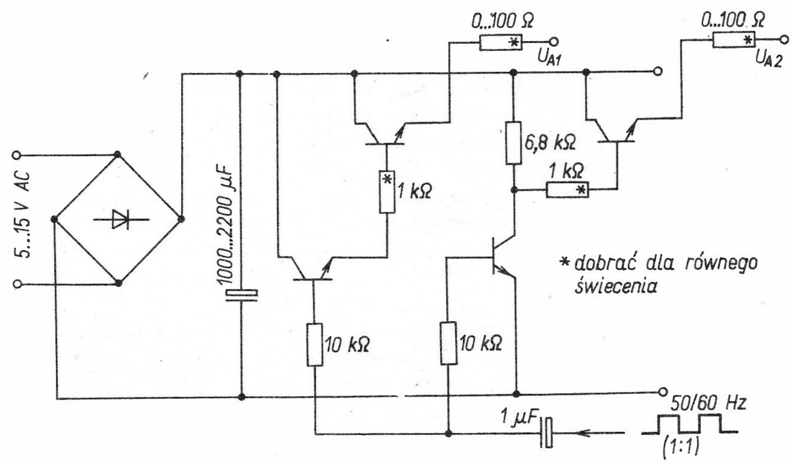
Rys. 8.2.3. Sposób podłączenia podstawy czasu



Rys. 8.2.5. Schemat połączeń wskaźnika pracującego dupleksowo



Rys. 8.2.4. Schemat zasilania wskaźnika dupleksowego



Rys. 8.2.6. Schemat zasilania anod wskaźnika

8.1.2 Zegar MC 1203

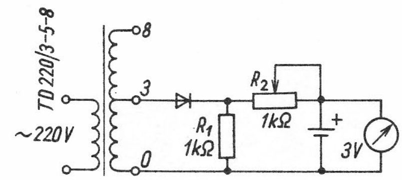
Wykonany jest w technice PMOS i przeznaczony do sterowania wskaźnika LCD. Oprócz podstawowych funkcji zegar ma programowany budzik; ponadto jest przystosowany do współpracy z radioodbiornikiem oraz umożliwia sterowanie innych urządzeń. Podstawowy układ połączeń pokazano na rys. 8.1.3. Napięcie U_{DD1} służy do zasilania wskaźnika LCD i wynosi 3÷5 V. Sterowanie wskaźnika LCD odbywa się bezpośrednio z układu falą prostokątną z wyjścia COM, oraz odpowiednią kombinacją segmentów w przeciwfazie, równolegle sterowaną. Do zasilania wskaźnika LED niezbędny jest dodatkowy fazoczuły układ sterowania, pokazany na rys. 8.1.4 dla wskaźnika o wspólnej anodzie oraz na rys. 8.1.5 dla wskaźnika o wspólnej katodzie. Te dodatkowe układy są jednocześnie wzmacniaczami mocy sterującymi wskaźnik LED. Ponieważ zegary te są wrażliwe na zakłócenia zewnętrzne, należy stosować filtry sieciowe i kondensatory blokujące zasilania. Nie można pozostawiać nie podłączonych wolnych wyprowadzeń.

8.1.3 Zegary MC 1210, MC 1211

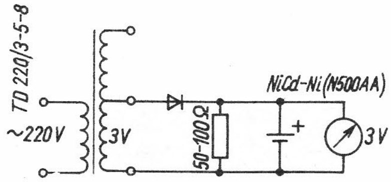
Zrealizowane są w technice CMOS i przeznaczone do sterowania zegarów analogowych. Zawierają generator stabilizowany kwarcem o częstotliwości 4,194304 MHz, 23-stopniowy dzielnik częstotliwości i stopień wyjściowy do sterowania silnika krokowego. Schemat połączeń zegara analogowego pokazano na rys. 8.1.6.

8.2 Generatory kwarcowe i podstawy czasu 50/60 Hz

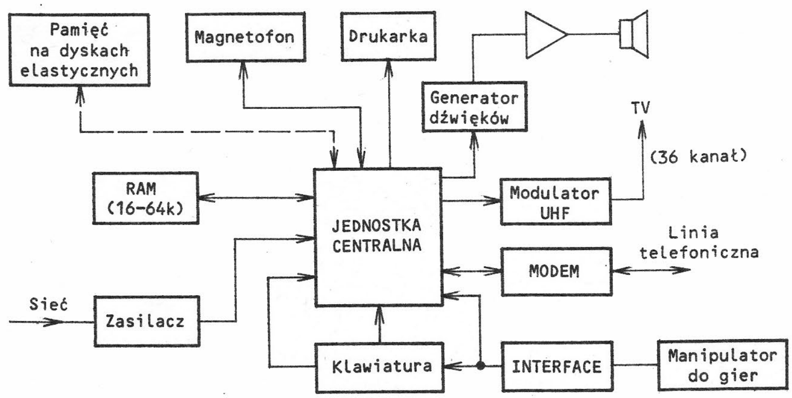
Większość zegarów sieciowych wymaga do stabilizacji częstotliwości 50/60 Hz zastosowania podstaw czasu ze stabilizacją kwarcową. W zależności od posiadanego rezonatora kwarcowego oraz dzielnika częstotliwości korzysta się z przedstawionych poniżej schematów: podstawy czasu — rys. 8.2.1, generatory kwarcowe — rys. 8.2.2. Stosowanie rezonatorów na większe częstotliwości zapewnia lepszą stabilność temperaturową i dokładniejszy podział (mniejszą odchyłkę). Podczas strojenia podstawy czasu najlepiej jest korzystać z wyjścia testowego o większej częstotliwości, co zapewnia większą dokładność pomiaru. Do podziału częstotliwości generatora można stosować standardo-



Rys. 8.3.1. Prosty układ do regeneracji baterii pastylkowych



Rys. 8.3.2. Prostownik do regeneracji baterii akumulatorowych N500AA



Rys. 8.4.1. Schemat blokowy komputera osobistego

we dzielniki, dekady itp. Aby odseparować dzielnik oraz uzyskać właściwą amplitudę impulsów o częstotliwości 50/60 Hz, należy zastosować wzmacniacz tranzystorowy. Zainstalowanie podstawy czasu do zegara polega na odłączeniu sterowania sieciowego, zwykle jest to filtr *RC*, i włączeniu w to miejsce podstawy czasu (rys. 8.2.3).

W niektórych zegarach stołowych stosuje się dupleksowe sterowanie wskaźnika LED, są to np. zegary CK 3400, LM 8630, TMS 1112. Wiąże się to ze sposobem zasilania wspólnych elektrod, w tym przypadku anod (rys. 8.2.4). Dzięki takiemu zasilaniu wskaźnika uzyskuje się lepsze wykorzystanie mocy transformatora, zmniejszenie masy i gabarytów zasilacza (brak kondensatora elektrolitycznego). Sposób połączenia anod i segmentów przy sterowaniu dupleksowym pokazano na rys. 8.2.5. Użycie w tym przypadku kwarcowej podstawy czasu spowoduje, w wyniku braku synchronizacji między sterowaniem anod a podstawą czasu (segmentów), błędne wyświetlanie cyfr. Aby temu zapobiec należy anody sterować za pomocą dodatkowych wzmacniaczy (rys. 8.2.6).

8.3 Regeneracja baterii pastylkowych i akumulatorowych

Niedostępność oraz wysoka cena niektórych typów baterii pastylkowych spowodowały, że podjęto próby ich regeneracji przez ładowanie prądem elektrycznym. Teoretycznie baterie pastylkowe, w których elektrolit występuje w postaci pasty, a obszar między elektrodami jest izolowany przekładką separatora — tym samym nie może przemieszczać się materiał katody — nie powinny się naładować. W praktyce jednak na skutek nieszczelności oraz istnienia cząstek wody w paście proces taki jest jednak możliwy. Do regeneracji można używać baterii, na których napięcie jest nie niższe niż 30% wartości znamionowej. Maksymalny prąd ładowania, podobnie jak przy akumulatorach, nie powinien być większy niż 0,1 wartości pojemności znamionowej baterii. Praktycznie zaleca się prąd ładowania dziesięć razy mniejszy (0,01 pojemności). Należy pamiętać o zasadzie, że im mniejszy prąd ładowania, tym będzie ono bardziej skuteczne. Maksymalnie można naładować baterię do ok. 30% pojemności znamionowej. Na rysunku 8.3.1 pokazano prosty układ do regeneracji baterii pastylkowych. Czas regeneracji w zależności od stopnia rozładowania wynosi od kilkunastu godzin do kilku dni.

Uwaga: jeżeli na początku ładowania stwierdzimy brak przyrostu napięcia, puchnięcie baterii oraz wydzielającą się sól, należy zaniechać regeneracji.

Baterie akumulatorowe NiCd-Ni stosowane do zasilania niektórych typów kalkulatorów, lamp błyskowych itp. po kilku latach używania lub magazynowania tracą raptownie swoją pojemność, co objawia się ich całkowitym rozładowaniem, tj. spadkiem napięcia poniżej 1 V, a nawet do zera. Proponuję więc poddać baterie, a zwłaszcza baterie akumulatorowe typu N 500AA, opisanej poniżej, próbie regeneracji (rys. 8.3.2).

1. Usunąć z przekładki izolacyjnej regenerowanego ogniwa wykwity solne i korozję.
2. Wiertłem o średnicy ok. 0,5 mm lub innym kolcem nawiercić otworek w korpusie baterii.
3. Zanurzyć ogniwo w ciepłej wodzie na ok. 1 godzinę.
4. Poddać procesowi ładowania w układzie jak na rysunku. Czas ładowania wynosi 24 godziny lub więcej. W trakcie ładowania bateria powinna być ciepła, a napięcie na niej powinno wynosić ok. 1,5 V.
5. Zalutować wywiercony otwór i oczyścić ogniwo.
6. Sprawdzić stan naładowania zwierając na krótko ogniwo amperomierzem na zakresie ponad 3 A.

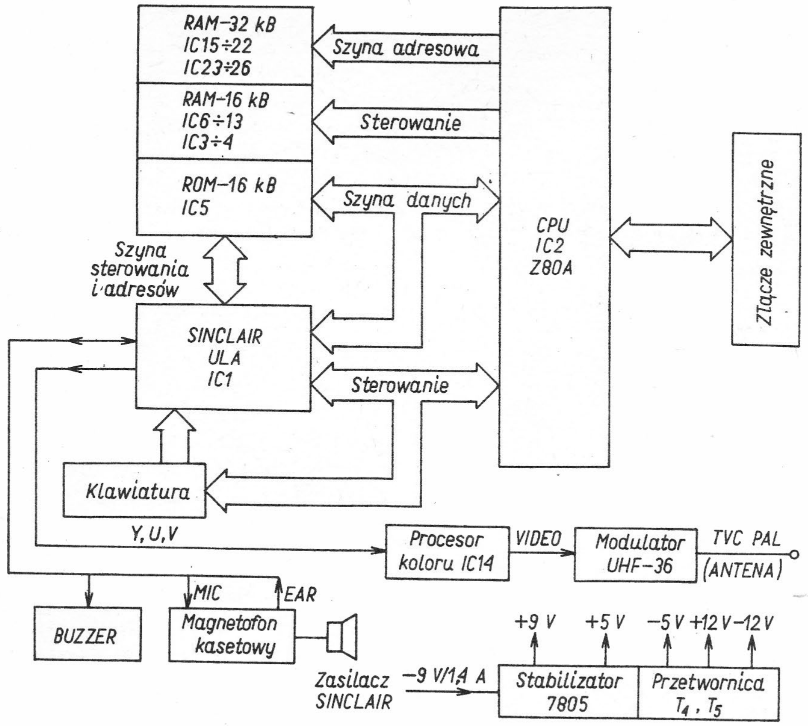
8.4 Komputery osobiste na przykładzie mikrokomputera SINCLAIR ZX SPECTRUM

Coraz powszechniejsze stosowanie mikrokomputerów do celów domowych i osobistych sprawia, że zaczynają one trafiać do naprawy. Budowa mikrokomputera osobistego (ang. *personal computer*) przypomina swym wyglądem i zasadą działania programowalne kalkulatory. Główne bloki funkcjonalne pokazano na rys. 8.4.1. Podstawowym blokiem jest jednostka centralna zawierające elementy:

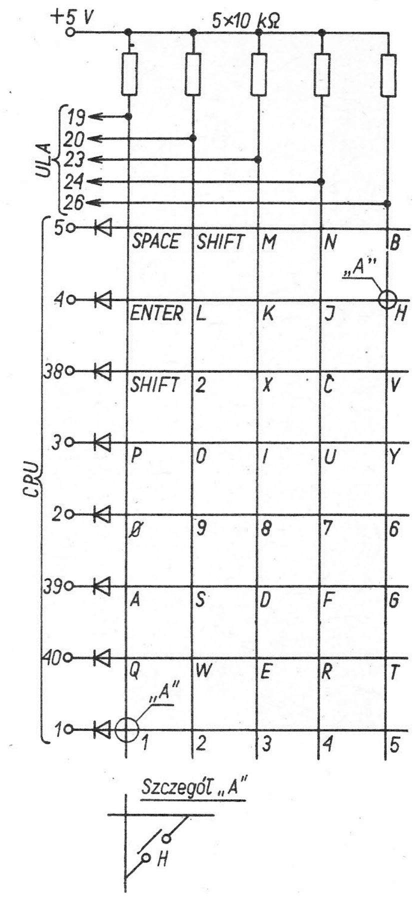
— mikroprocesor stanowiący podstawową jednostkę logiczną (zwykle 8--bitowy),
— pamięć ROM zawierającą stałe oprogramowanie komputera, najczęściej o pojemności 8÷20 kB,
— pamięć RAM będącą pamięcią operacyjną, w podstawowej wersji 1÷16 kB,
— układ obsługi klawiatury,
— układ generacji obrazu telewizyjnego lub sygnału sterującego wskaźnik lub pole LCD,
— układy do współpracy z urządzeniami zewnętrznymi,
— generator dźwięku.

Oprócz jednostki centralnej występują następujące bloki:

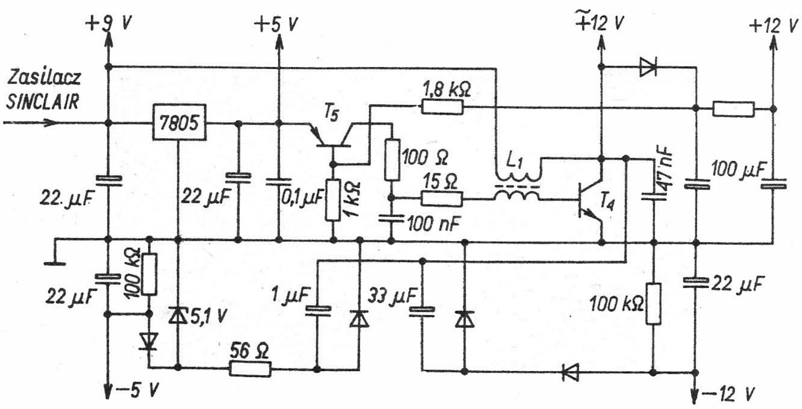
— klawiatura oraz przełączniki,
— pamięć zewnętrzna RAM rozszerzająca pojemność podstawowej pamięci do 16÷64 kB,



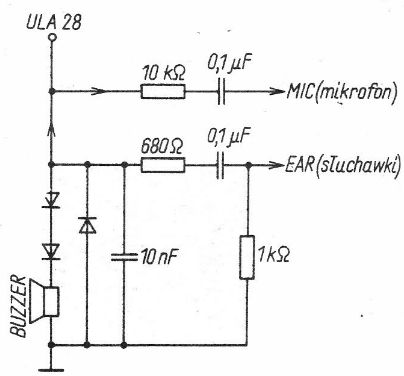
Rys. 8.4.2. Schemat blokowy mikrokomputera SINCLAIR ZX SPECTRUM 48 kB



Rys. 8.4.4. Schemat połączeń klawiatury



Rys. 8.4.3. Zasilacz stabilizowany i przetwornica



Rys. 8.4.5. Schemat obwodu współpracującego z magnetofonem

— pamięci zewnętrzne ROM zawierające programy biblioteczne dla określonych zadań, np. gry telewizyjne,
— procesor koloru wytwarzający obraz kolorowy,
— modulator sygnału wizyjnego o częstotliwości nośnej w paśmie UHF (30÷40 kanał) służący do przesłania sygnału kablem antenowym,
— wzmacniacz (generator) do wytworzenia efektów dźwiękowych.

Ponadto z komputerem mogą współpracować następujące urządzenia zewnętrzne:

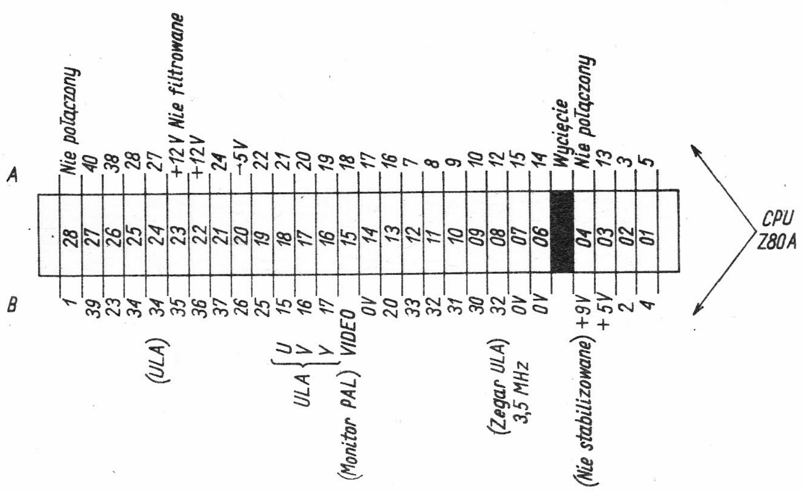
— magnetofon kasetowy do zapisywania i odczytywania programów,
— drukarka drukująca treść programów, teksty, wyniki obliczeń i proste rysunki,
— modem służący do akustycznego sprzężenia z systemem komputerowym za pośrednictwem linii telefonicznej,
— manipulator gier telewizyjnych itp.

Komputery osobiste są zasilane najczęściej z niestabilizowanych zasilaczy sieciowych o jednym, względnie dwóch napięciach i mocy do 30 VA.

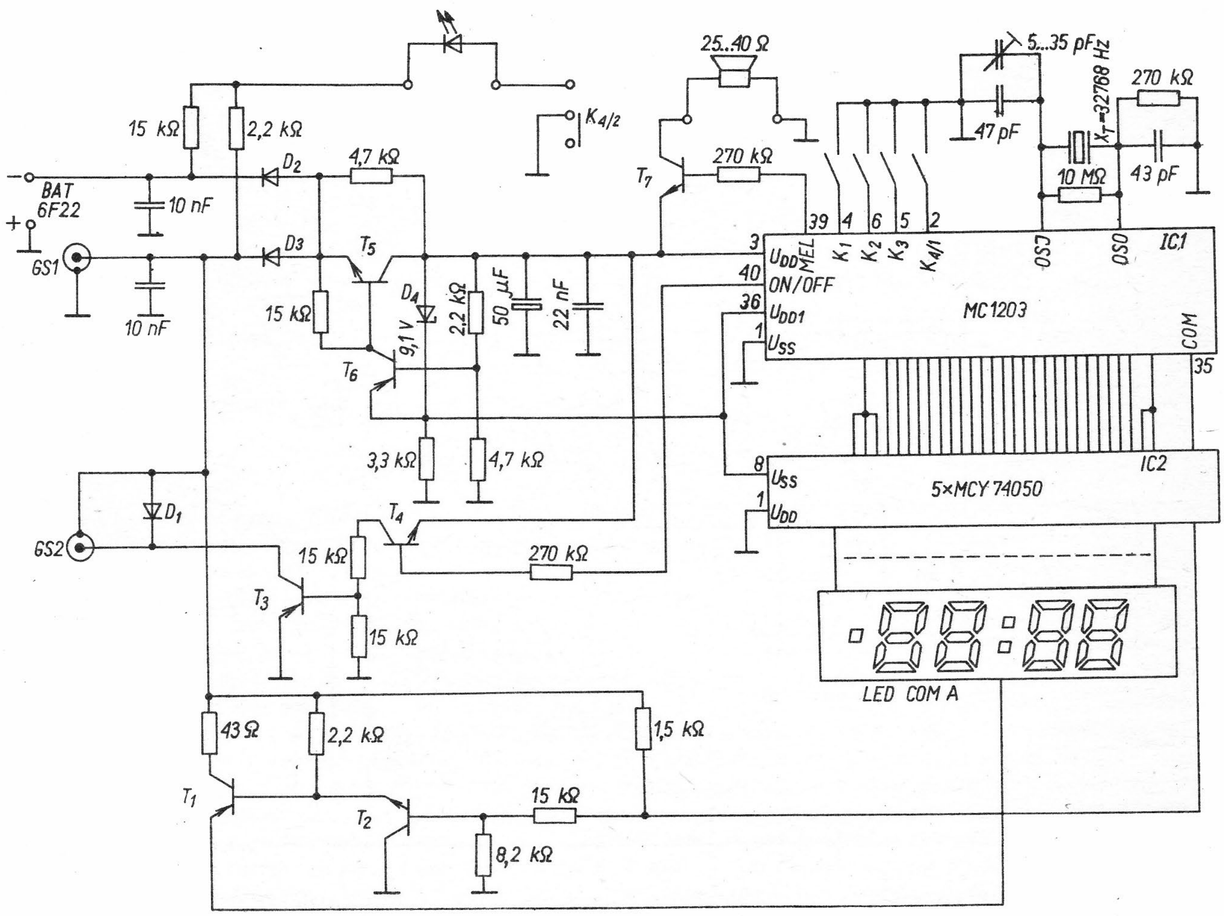
Najbardziej popularnym w kraju mikrokomputerem osobistym jest obecnie SINCLAIR ZX SPECTRUM — 48 kB. Schemat blokowy komputera przedstawiono na rys. 8.4.2. Poszczególne bloki (układy scalone) pełnią następujące funkcje:

IC 1 — ULA (ang. *Uncommitted Logic Array*) — zawiera układ obsługi klawiatury, układ generacji sygnału telewizyjnego, generator dźwięku oraz układy sterowania wejść i wyjść (A5102E),

IC 2 — CPU — jest to centralny procesor (mikroprocesor Z80A),



Rys. 8.4.6. Schemat złącza zewnętrznego — widok od tyłu

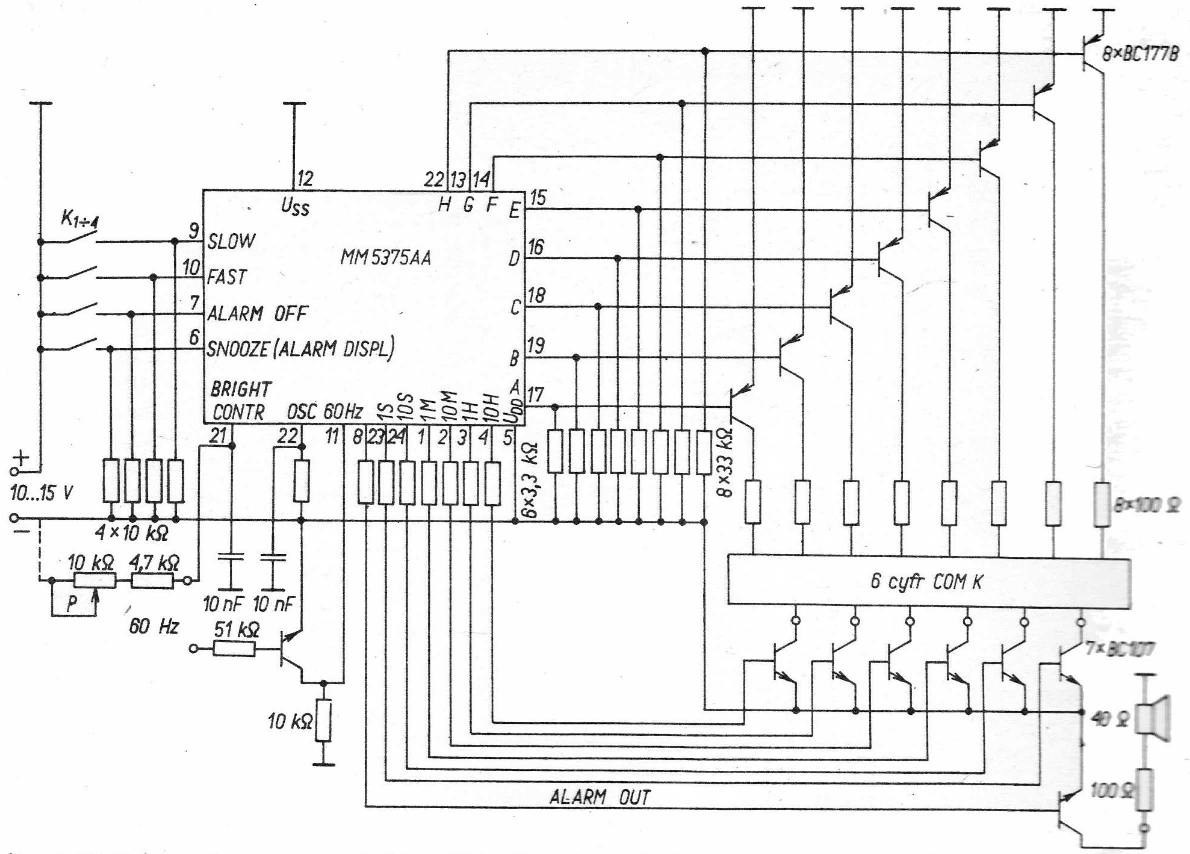


Rys. 8.5.1. Zegar cyfrowy ze wskaźnikiem LED COM A firmy APECTON (MC 1203)

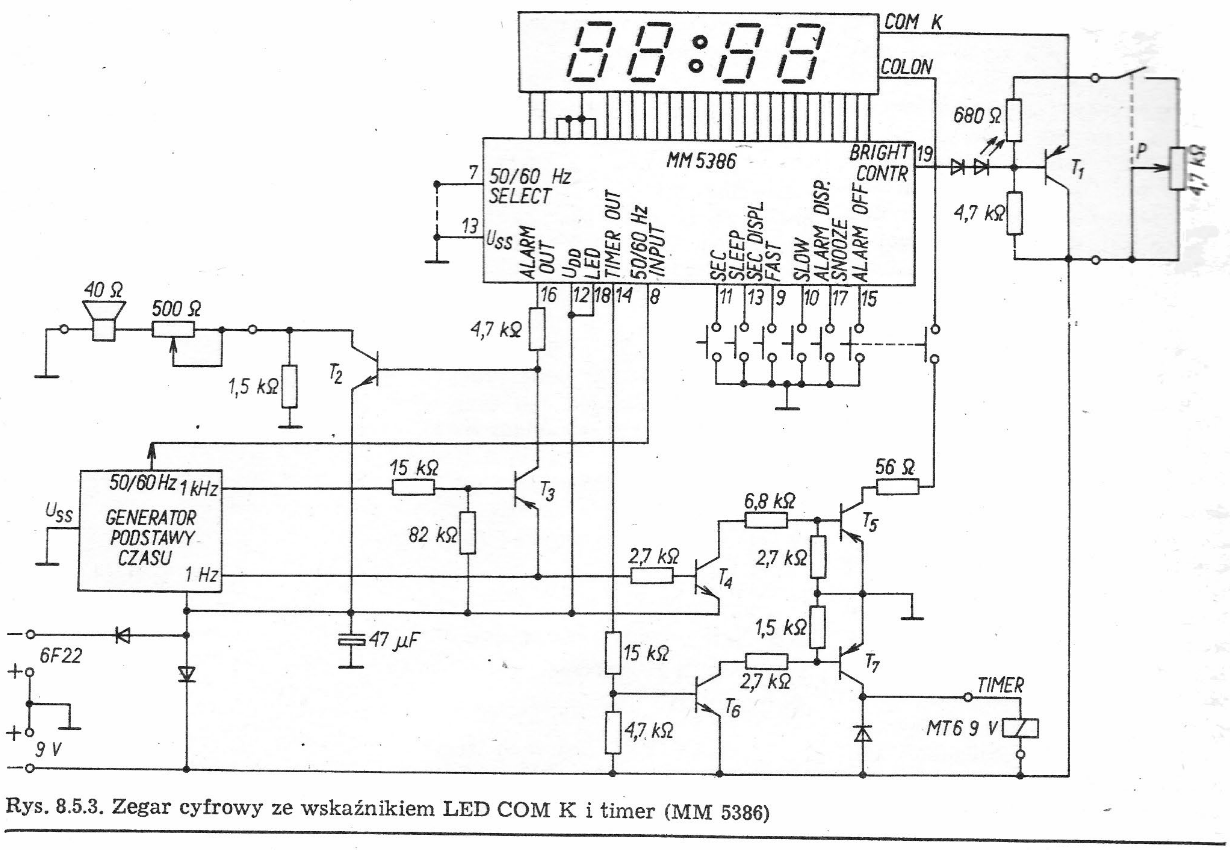
IC 3÷4 — sterowanie (multiplekser) pamięci RAM 16 kB (74LS157),
IC 5 — jest to stałe oprogramowanie komputera, pamięć ROM 16 kB względnie EPROM (27128),
IC 6÷13 — podstawowa pamięć operacyjna RAM 16 kB (8×4116),
IC 14 — procesor koloru w systemie PAL (LM 1889 N),
IC 15÷22 — dodatkowa pamięć operacyjna RAM 32 kb (8×4532),
IC 23÷26 — sterowanie pamięcią RAM 32 kB (74LS157).

Z uwagi na złożoną budowę mikrokomputera opisane zostaną dla potrzeb serwisowych jedynie obwody wejściowe i wyjściowe, z którymi mamy najczęściej do czynienia. Zasilanie komputera odbywa się z niestabilizowanego zasilacza sieciowego 9 V/1,2×1,4 A (minus w środku wtyczki). Niezbędne napięcia uzyskuje się w regulatorze 7805 (+5 V/1 A) oraz w przetwornicy (T_4, T_5), przedstawionych na schemacie ideowym na rys. 8.4.3.

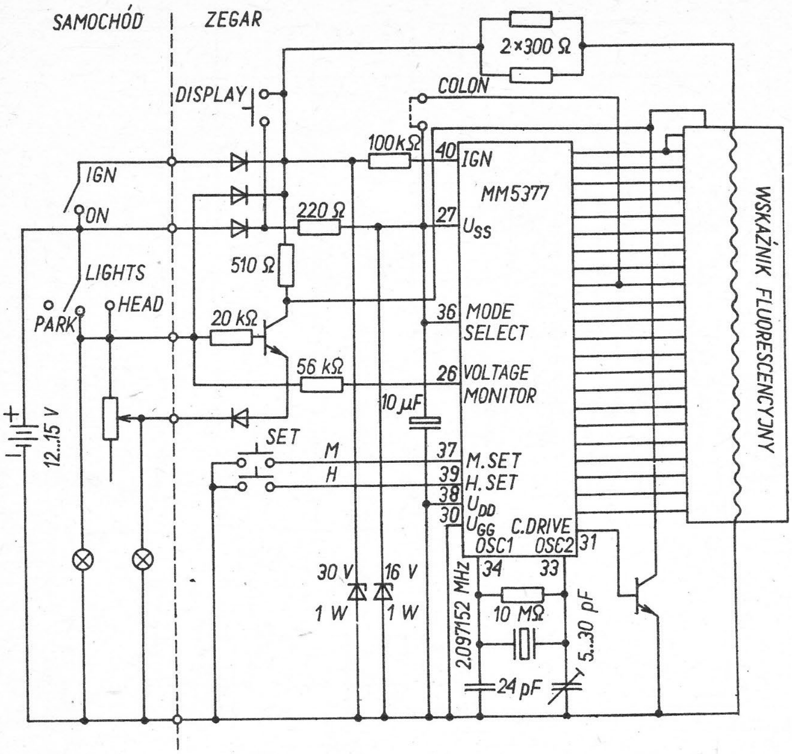
Klawiatura komputera ma rozkład klawiszy (o pięciokrotnej funkcji) podobny jak w maszynie do pisania. Zbudowana jest z dwóch warstw folii metalizowanej, przyłączonych do szyn ULA i CPU, jak to pokazano na rys. 8.4.4.



Rys. 8.5.2. Zegar cyfrowy ze wskaźnikiem LED COM K z wyświetlanym sekundnikiem (MM 5375AA)



Rys. 8.5.3. Zegar cyfrowy ze wskaźnikiem LED COM K i timer (MM 5386)



Rys. 8.5.4. Zegar samochodowy ze wskaźnikiem fluorescencyjnym (MM 5377)

Współpraca magnetofonu kasetowego z ULA odbywa się poprzez obwód pokazany na rys. 8.4.5. Poziom sygnału wejściowego na gnieździe EAR (słuchawka) powinien wynieść 3÷4 V, poziom zaś sygnału wyjściowego na gnieździe MIC (mikrofon) ok. 100 mV. Do współpracy z systemami zewnętrznymi służy złącze wykonane na płycie drukowanej w tylnej części komputera. Opis wyprowadzeń złącza pokazano na rys. 8.4.6. Z wyjścia VIDEO jest dostarczany zespolony sygnał wizyjny w systemie PAL (U, V, Y — składowe). Wykorzystanie tego sygnału może mieć miejsce jedynie wtedy, kiedy masa monitora (telewizora) jest izolowana od sieci zasilającej. Jeżeli natomiast w telewizorze występuje na masie wysoki potencjał względem zera sieci, podłączenie komputera może odbyć się jedynie kablem antenowym.

Do wstępnej lokalizacji uszkodzeń komputera należy stosować ogólne zasady zawarte w poprzednich rozdziałach. Bardziej złożone wymagają najczęściej interwencji serwisu fabrycznego. Do charakterystycznych objawów uszkodzeń można zaliczyć:

1. Brak obrazu — może to być spowodowane brakiem zasilania, wadliwym zestrojeniem telewizora, przerwą w przewodzie antenowym, uszkodzeniem regulatora napięcia lub przetwornicy. Prawidłową pracę obwodów zasilania można sprawdzić przytrzymując klawisz ENTER, usłyszymy wówczas charakterystyczne pikanie, lub przez pomiar napięć na gnieździe zewnętrznym.

2. Brak koloru — przy prawidłowo wyregulowanym odbiorniku telewizyjnym należy za pomocą programu (Colours) otrzymać na ekranie poszczególne barwy, a w przypadku braku ich czystości skorygować położenie trymera VC 2 w obwodzie procesora koloru (wewnątrz).

3. Niewyraźna grafika — jej przyczyną mogą być zbyt długie doprowadzenia do gniazda zewnętrznego lub zbyt duże obciążenie. Należy skrócić doprowadzenia lub przyłączyć obciążenie poprzez układy buforowe (wzmacniacze). Ponieważ brak stabilizacji napięć może być również przyczyną niewyraźnej grafiki, należy sprawdzić tranzystory T_4 i T_5.

8.5 Schematy aplikacyjne typowych zegarów cyfrowych

Na rysunku 8.5.1 pokazano zegar MC 1203 sterujący wskaźnik LED o wspólnej anodzie. Do sterowania segmentów użyto 5 układów MCY 74050. Sterowanie wspólnej anody odbywa się z wyjścia COM przez tranzystory T_1, T_2. Gniazdo GS2 służy do podłączenia zewnętrznego przekaźnika, GS1 zaś do podłączenia zasilacza. W przypadku zaniku napięcia sieci struktura zegara jest zasilana z baterii 6F22.

Na rysunku 8.5.2 przedstawiono zegar z budzikiem, wykorzystujący układ MM 5375AA. Do sterowania wskaźnika LED o wspólnej katodzie pracującego w systemie multipleksowania użyto wzmacniaczy tranzystorowych. Zegar umożliwia ciągłe wyświetlanie sekund (6 cyfr). Sterowanie zegara odbywa się ze źródła o częstotliwości 60 Hz. Potencjometr P służy do regulacji jaskrawości świecenia wskaźnika.

Zegar pokazany na rys. 8.5.3 jest zbudowany przy użyciu układu MM 5386 i może współpracować z odbiornikiem radiowym. Sterowanie wskaźnika LED o wspólnej katodzie odbywa się równolegle, bezpośrednio ze struktury zegara, a do regulacji jaskrawości służy potencjometr P. Pobór prądu przez strukturę wynosi 3÷5 mA, zaś obciążalność prądowa wyjść zawiera się w granicach 3÷15 mA. Tranzystory T_6, T_7 sterują przekaźnik umożliwiający włączenie obwodu zewnętrznego.

Zegar MM 5377 przedstawiony na rys. 8.5.4 steruje bezpośrednio wskaźnik fluorescencyjny i ma głównie zastosowanie w samochodzie. Zegar zasilany jest napięciem 9÷15 V i pobiera prąd ok. 100 mA przy pełnej jaskrawości wskaźnika. Zegar ma wewnętrzny generator stabilizowany rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 2,097152 MHz, który zapewnia w temperaturze 25°C dzienną odchyłkę mniejszą niż ±0,5 sekundy. Wyświetlenie może być włączone na stałe przełącznikiem IGN lub chwilowo przełącznikiem DISPLAY.

Cena zł [illegible]

ISBN 83-204-0751-6